

Johanna Lankinen

TATE-tietomallien suunnittelumenetelmien kehittäminen ja mallien käyttö työmaalla

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (YAMK)

Talotekniikka

Opinnäytetyö

18.12.2017

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Johanna Lankinen TATE-tietomallien suunnittelumenetelmien kehittäminen ja mallien käyttö työmaalla 92 sivua + 4 liitettä 18.12.2017
Tutkinto	Insinööri (YAMK)
Koulutusohjelma	Talotekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	LVI-tekniikka
Ohjaajat	Yliopettaja Päivi Järväjä Teknologiajohtaja Tero Järvinen
<p>Talotekninen tietomallintaminen Suomessa on jäänyt geometriatasolle fokuksena komponenttitörmäilyiden eliminoiminen suunnittelu -tai rakennusaikana, jolloin auditoidaan pelkkää komponenttitörmäilyä, ei itse suunnitelmaa tai suunnitelman teknistä toimivuutta. Tietomallien hyödyntämispotentiaalin pohjalta syntyi idea selvittää tietomallien mahdollisia käyttötarkoituksia taloteknisessä suunnittelu -ja rakentamisprosessissa Solibri Model Checker (SMC) -ohjelmistolla.</p> <p>Työn keskeisin tavoite oli selvittää verkkopohjaisen Survey-tutkimuksen ja työmaapohjaisten tapaustutkimusten avulla, mihin talotekniikan tietomalleja haluttiin käyttää ja onko mallien tietosisältö nykymuodossaan riittävä. Opinnäytetyön pääpaino on kysely -ja tapaustutkimusten toteutuksessa, niiden tuloksissa, analysoinnissa ja tutkimustulosten pohjalta kehitetyissä kehitystyötapauksissa, mutta työssä käydään myös lyhyesti läpi tietomallintamisen vaiheiden lisäksi Talotekniikka-toimialan LVI-alan työehtosopimuksen lisätyöhinnoittelu sekä määrälaskenta manuaalisesti ja ohjelmallisesti. Työssä käsitellään myös MagiCAD- ja Solibri Model Checker -ohjelmistojen tämän työn kannalta keskeisimmät toiminnot.</p> <p>Solibri Model Checker -ohjelmistolla pystyttiin luomaan monipuolisesti erilaisia kehitystyötapauksia, joita voi käyttää suunnittelussa, työmaatoiminnassa tai rakennuksen ylläpidon aikana. Luotuja tapauksia pystyy myös soveltamaan suunnitelmien auditoinnin lisäksi muihin käyttötarkoituksiin, kuten määrälaskentaan. Keskeisimpiä tuloksia olivat komponentin ympärillä olevan asennustilan tarkastaminen, talotekniikkaosien luokittelu materiaaleittain sekä pääsulkujen vaikutusalueiden visualisointi, sillä niillä kaikilla on käyttötarkoituksensa suunnittelussa ja rakennusvaiheessa ja ne ovat sovellettavissa laajasti eri käyttötarkoituksiin.</p>	
Avainsanat	tietomalli, BIM, LVI, SMC, kustannuslaskenta, TES

Author Title Number of Pages Date	Johanna Lankinen Development of 3D modeling for building services design and construction site usage 92 pages + 4 appendices 18 December 2017
Degree	Master of Engineering
Degree Programme	Civil Engineering
Specialisation option	Building Services Engineering
Instructors	Päivi Jäväjä, Principal Lecturer Tero Järvinen, Technology Director
<p>The main focus of the final year project was to find out how 3D-data models perform in various HPAC applications, using Solibri Model Checker (SMC) software. The central aim was also to identify which modeling functions designers were using and if they felt that the data content available was sufficient to generate accurate 3D-models.</p> <p>The designers' feedback was collected via a web-based questionnaire. The feedback was then analyzed, and on the basis of the analysis, sample cases were developed with Solibri Model Checker to carry out the observations revealed in the feedback. Methods for achieving selective prices were also analyzed. The core functions of MagiCAD and Solibri Model Checker were studied and then compared against modeling and generation of data.</p> <p>The thesis found out that the SMC software is able to create a wide range of solutions, suitable for assisting in primary design, construction management and effective maintenance of the built project, as well as auditing and quantum counting. The most important results, however, are in the checking of installation space, classification of used materials and the general visualization of the designed space. All these factors can be used alone or together to ensure a better completed project.</p>	
Keywords	BIM, HVAC, SMC, collective agreement

Sisällys

1	Johdanto	1
2	BIM – Tietomallinnus	3
2.1	buildingSMART	3
2.2	YTV2012	4
2.3	Tietomallintamisen vaiheet	5
2.4	Tietomallintaminen Suomessa ja Euroopassa	11
3	Tutkimuksen suoritus	13
3.1	Kyselytutkimuksen toteutus	14
3.2	Tapaustutkimusten toteutus	16
3.3	Asiantuntijahaastatteluiden toteutus	18
4	Tutkimustulokset	20
4.1	Kyselytutkimuksen tulosten tulkinta ja kuvaus	20
4.2	Tapaustutkimustulosten tulkinta ja kuvaus	27
5	Tutkimustulosten analysointi	33
5.1	Tietomallien käyttö tutkimushetkellä	33
5.2	Talotekniikkamallien tietosisältö	33
5.3	Talotekniikkamallien oikeellisuus ja auditointi	35
6	Urakkahinnoittelu ja määrälaskenta	37
6.1	Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus	37
6.2	Määrälaskenta	41
7	Ohjelmistot	45
7.1	MagiCAD	45
7.2	Solibri Model Checker	56
8	Kehitystyötapaukset ja niiden tulokset	66
8.1	Tapaus 1: "IV-komponenteilla tulee olla yksilöivä tunnus"	66
8.2	Tapaus 2: "Asennustila komponentin ympärillä"	68
8.3	Tapaus 3: "Palohylly on oltava ylimpänä"	70
8.4	Tapaus 4: "Talotekniikkaosien tulee olla luokiteltu materiaaleittain"	72
8.5	Tapaus 5: "Pääsulkujen vaikutusalueet visualisoimalla"	77

8.6	Tapaus 6: "Verkostolaitteiden säätöarvot"	79
8.7	Tapaus 7: "TATE-valmiudet tiloittain"	81
8.8	Tapaus 8: "Linkkien lisäys tuotteille"	83
8.9	Tapaus 9: "TES:n lisätyöprosenttien mukaisten tilojen asennukset"	85
9	Yhteenveto	91
	Lähteet	93

Liitteet

Liite 1. buildingSMART Finlandin Talotekniikka-blogin julkaisu

Liite 2. Tapaustutkimushaastatteluihin toimitettu materiaali

Liite 3. Kehitystyötapauksen 9 Matalien tilojen gate keeper -säännön parametrit

Liite 4. Kehitystyötapauksen 9 Matalien tilojen gate keeper -säännön parametrit

Lyhenteet

2D *2-dimensional*. Kaksiulotteinen.

3D *3-dimensional*. Kolmiulotteinen.

Attribuutti Yksittäisiin objekteihin liittyvä ominaisuustieto.

BIM *Building Information Model*. Rakennuksen tietomalli.

CAD *Computer-aided design*. Tietokoneavusteinen kaksi- tai kolmitasoinen suunnittelu.

IFC *Industry Foundation Classes*. Avoin tietonsiirtostandardi.

Järjestelmämalli

Yhden suunnittelualan malli.

Massalista Suunnitteluohjelmistosta saatava luettelo käytettävistä tuotteista ja niiden kappalemääristä.

Objekti Rakennusosalalla malleissa yksittäisiä osia kuvataan objekteina.

SMC *Solibri Model Checker* -ohjelmistosta yleisesti käytetty lyhenne.

Yhdistelmämalli

Yhdistelmämallissa kaikki rakennuksen suunnittelualojen mallit ovat yhdistettynä yhteen tiedostoon.

YTV2012 Yleiset Tietomallivaatimukset 2012.

1 Johdanto

Talotekninen tietomallintaminen pohjautuu Suomessa pääasiassa buildingSMART Finlandin vuonna 2012 julkaisemaan YTV2012-ohjeistukseen (Yleiset Tietomallivaatimukset 2012), joka on rakennettu Senaatti-kiinteistöjen vuoden 2007 tietomallivaatimusten pohjalta tietomallinnuksen vähimmäisvaatimukset täyttäväksi ohjeistukseksi.

Tietomallintamisen yleiset hyödyt rakentamishankkeen kannalta tunnistetaan tilaajapiireissä ja tarjouspyyntövaiheessa tilaussopimukseen yhä useammin määritetään YTV2012 mukainen mallinnus. Koska sopimuksissa ei määritetä tilaajan toimesta monestikaan talotekniikkamalleille tarkempia vaatimuksia, talotekniikka (TATE)-suunnittelijoiden keskuudessa mallinnustavat ovat muokkautuneet luomaan geometrialtaan YTV2012 toleranssit kestäviä järjestelmämalleja. (1; 2, s. 5.)

Tietomallintaminen koetaan suunnittelua helpottavana tekijänä, jonka vuoksi sitä on luontevaa käyttää hyväksi suunnittelutehtävissä riippumatta siitä, onko tilauksessa sitä edellytetty. Täytyy kuitenkin muistaa, että tekniikan alalla laajasti käytössä oleva suunnitteluohjelmisto MagiCAD tuottaa järjestelmämallin tasoista laskenta-aineistoa suunnittelun muihinkin osa-alueisiin kuin pelkkään reittisuunnitteluun, ja ohjelman hallinnan myötä kasvaa suunnittelun tuottavuus. Talotekninen tietomallintaminen on jäänyt liiaksi geometriatasolle fokuksena komponenttitörmäilyiden eliminointi suunnittelu- tai rakennusaikana. Tällöin auditoidaan pelkkää komponenttitörmäilyä, ei itse suunnitelmaa tai suunnitelman teknistä toimivuutta. (3.)

Tämän opinnäytetyön keskeiset tutkimuskysymykset ovat kulminoituneet kolmeen pääkysymykseen:

1. Miten talotekniikan tietomalleja käytetään suunnittelussa ja työmailla tutkimus-
hetkellä, ja miten niitä haluttaisiin käyttää?
2. Onko talotekniikkamallien tietosisältö riittävä?
3. Mitä tarkemman tietosisällön tuottaminen talotekniikan järjestelmämalleihin vaatii suunnittelijalta?

Työ on rajattu siten, että työ koskee pääsääntöisesti vain LVI-tekniikkaa, vaikka luvuissa puhutaan talotekniikasta ja talotekniikkamalleista. Opinnäytetyössä käytetään tutki-

musmenetelminä kvantitatiivista survey-tutkimusta, sekä kvalitatiivista yksilöhaastattelua, joiden piirteet on selvitetty tarkemmin luvussa 3. (4, s.191, 205.)

Opinnäytetyö tehdään yhteistyössä Granlund Oy:n ja Solibri Inc. kanssa, joille molemmille taloteknisen tietomallintamisen potentiaalin, kehittymismahdollisuuksien ja ohjelmistojen mukautumiskyvyn kartoitus on yritystasolla tärkeää.

2 BIM – Tietomallinnus

2.1 buildingSMART

Vuonna 1995, Autodesk-ohjelmistoyrityksen vetovoimalla syntyi 12 rakennusalan ohjelmistoyrityksen välinen liittouma, jossa yritykset sitoutuivat kehittämään ohjelmistojensa yhteistoimivuutta. Vuoden aikana yritykset päätyivät kolmeen lopputulokseen:

1. Yhteistoimivuus on tärkeää ja sillä on erinomainen kaupallinen potentiaali.
2. Luotavien standardien tulee olla kansainvälisiä ja avoimia, ei yksityisiä tai omistettavissa olevia.
3. Yritysten liittouman tulee antaa yhteistyökumppaneilleen mahdollisuus jäsenyyteen.

Näiden kolmen kulmakiven päälle perustettiin vuonna 1996 Lontoossa kansainvälinen yhteistoiminnan liittouma (The International Alliance for Interoperability, IAI). IAI perusti paikallisosastoja yksittäisiin maihin, joista jokaisesta kaksi osallistujaa nimettiin kansainväliseen osastoon koordinoimaan kansainvälisten standardien kehitystä. Vuonna 2008 IAI muutti nimensä muotoon buildingSMART, jotta jaoston nimi kuvastaisi paremmin sen luonnetta ja tavoitteita. Nimessä sana building viittaa rakennettuun ympäristöön, sillä IAI oli laajentunut rakennusteollisuudesta myös infrastruktuuriin. Nimessä sana SMART viittaa puolestaan tapaan jolla toivotaan rakennettavan; viisaasti ja yhteistyössä kokonaisuus huomioiden. Kuvassa 1 on esitettynä buildingSMARTin kansainvälisen jaoston logo.

Tietomallikohteissa tunnetun IFC-tiedonsiirtomuodon (Industry Foundation Class) alkuperäiskehittäjä on nimenomaan buildingSMART yhteistyökumppaneineen. Tällä hetkellä Suomessa yleisesti käytössä oleva IFC-tiedostomuoto on IFC2x3, sillä vuonna 2013 julkaistu IFC-versio 4 ei ole Suomessa tai maailmallakaan vielä yleisesti käytössä. (5.)



Kuva 1. buildingSMARTin kansainvälinen logo (5).

2.2 YTV2012

Yleiset tietomallivaatimukset 2012 syntyivät rakennustietosäätöön vuonna 2011 aloittamassa hankkeessa, jossa Senaatti-kiinteistöjen vanhat tietomalliohjeet kirjoitettiin uudelleen. Hankkeessa oli mukana Suomen rakennusalan johtavia suunnittelutoimistoja, kiinteistönomistajia sekä urakoitsijoita, jotka sitoutuivat samalla noudattamaan vaatimuksia omissa hankkeissaan. COBIM-hankkeen taustalla oli selkeä tahtotila lisätä tietomallinnuksen käyttöä Suomessa, josta esimerkkinä on tietomallivaatimusten sisällyttäminen opetussuunnitelmiin rakennusalan oppilaitoksissa.

Senaatti-kiinteistöjen tietomallinnusvaatimuksia lisäksi laajennettiin neljällä täysin uudella osalla. Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset laajennettiin koskemaan rakentamisen ja kiinteistön ylläpidon lisäksi myös projektin hallintaa ja energia-analyyseja. Jokaisesta tietomallivaatimuksen kappaleesta on laadittu RT-kortti. buildingSMART toimi hankkeen yhtenä rahoittajana ja vastaa Rakennustietosäätöön laatimien RT-korttien päivityksestä. Tietomallivaatimusten osia on 14 ja vaatimuksia täydentäviä liitteitä 4 kappaletta:

- Osa 1: Yleinen osuus
- Osa 2: Lähtötilanteen mallinnus
- Osa 3: Arkkitehtisuunnittelu
- Osa 4: Talotekninen suunnittelu
- Osa 5: Rakennesuunnittelu
- Osa 6: Laadunvarmistus
- Osa 7: Määrälaskenta
- Osa 8: Havainnollistaminen
- Osa 9: Mallien käyttö talotekniikan analyyseissä
- Osa 10: Energia-analyysit
- Osa 11: Tietomallipohjaisen projektin johtaminen
- Osa 12: Tietomallien hyödyntäminen rakennuksen käytön ja ylläpidon aikana
- Osa 13: Tietomallien hyödyntäminen rakentamisessa
- Osa 14: Tietomallien hyödyntäminen rakennusvalvonnassa
- YTV2012 Täydentävä liite: ARK Tilaaajan ohje
- YTV2012 Täydentävä liite: RAK Tilaaajan ohje
- YTV2012 Täydentävä liite: Talotekniikan määrälaskentaohje
- YTV2012 Täydentävä liite: Talotekniikan mallinnusvaatimuksia. (2; 6.)

2.3 Tietomallintamisen vaiheet

Tietomallipohjainen talotekniikkasuunnittelu jakautuu ehdotus- ja yleissuunnittelu- sekä toteutussuunnitteluvaiheisiin. Ehdotus- ja yleissuunnitteluvaihe on pääasiassa arkkitehti- ja rakennesuunnittelua tukevaa suunnittelua, joka keskittyy talotekniikan osalta järjestelmävalintoihin, palvelualuekaavioiden laatimiseen sekä tilanvaraussuunnitteluun. YTV2012 ei vaadi tehtäväluettelon mukaisille ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheen tehtävien toteutukseen tietomallinnusta, vaan nämä voidaan toteuttaa myös 2D-suunnitteluna. Toteutussuunnitteluvaiheessa luodaan järjestelmämallit sekä yhdistelmämalli, jotka kattavat koko suunniteltavissa olevan rakennuksen. (1, s. 7–8.)

TATE-vaatimusmalli

TATE-vaatimusmalli toteutetaan tilaajasopimuksessa määritetyllä tasolla taulukkopohjaisesti tai tietomallintamalla. Yksinkertaisimmillaan TATE-vaatimusmalli on tilatyypin ja niille kohdistettavien vaatimusten lähtötietotaulukko esimerkiksi Excel-tilukkolaskentaohjelmistossa, jolloin se voidaan pitää omana suunnitteluasiakirjana tai laittaa esimerkiksi työselityksen liitteeksi.

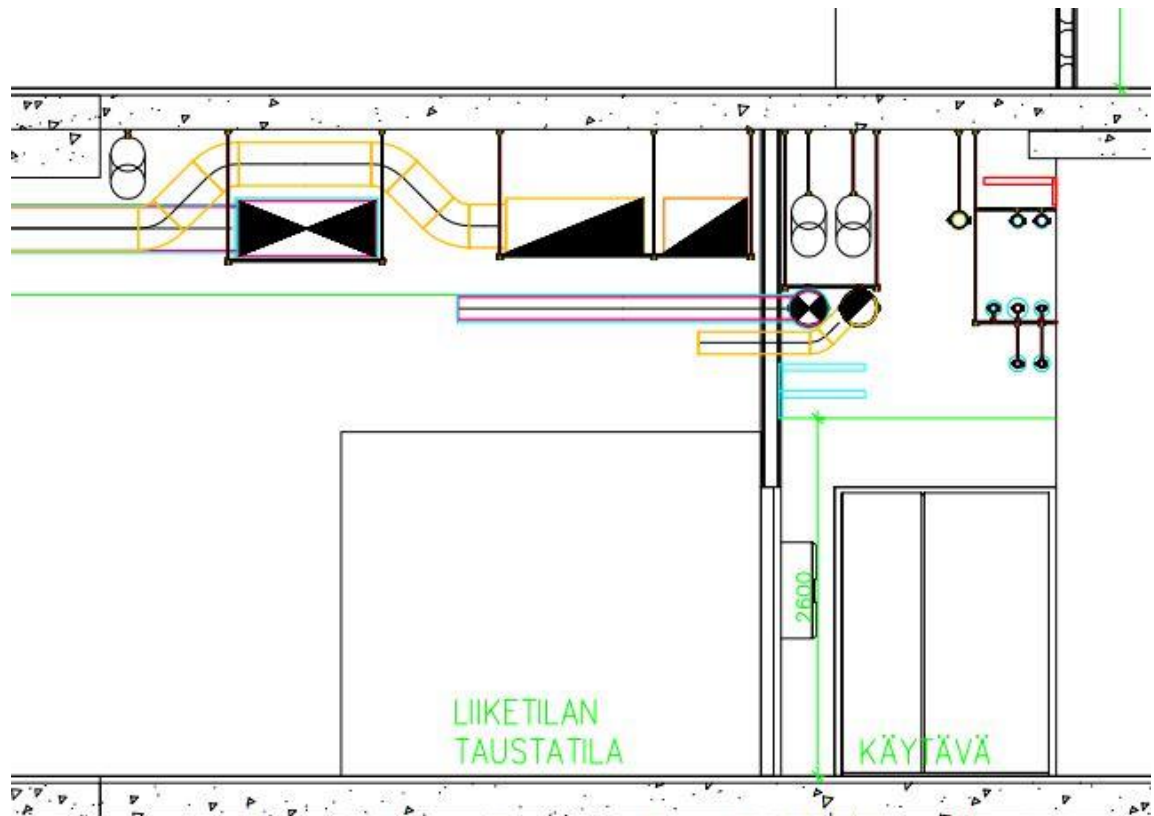
Kehittyneempi taso on erillinen tietomallipohjainen IFC-vaatimusmalli, jossa on arkkitehdin tilaobjekteihin lisättynä tilatyypikohtaiset suunnitteluarvot. Tietomallipohjaista vaatimusmallia pystytään hyödyntämään vaatimustenmukaisuuden vertailun ja vaatimustenhallinnan lisäksi vaatimusten toteutuneisuuden todentamisessa. TATE-vaatimusmallin tekeminen tietomallintamalla ei ole kuitenkaan yleistynyt sovellusohjelmistoista puuttuvien ominaisuuksien johdosta. (1, s. 12–13.)

Tilanvarausmalli

Tilanvarausmalli luodaan ehdotus- ja yleissuunnitteluvaiheessa, ja se pitää sisällään TATE-verkostojen tilanvarausten lisäksi vaakasuuntaiset kerrosverkostot. Tilanvarauksina voidaan pitää kaikkia lattiasta kattoon TATE-teknisille järjestelmille varattuja tiloja kuten esim. kuiluja, hormoneja, konehuoneita, muuntamoita ja keskustiloja. Tilanvarausmallissa tulee olla huomioituna myös verkostojen tai verkostolaitteiden asennustilat, huoltoalueet ja -tilantarpeet.

Kerrosverkostot tulee mallintaa siten, että mallista voidaan selvästi havaita tekniikan tarvitsema pääreitti. Mallin varsinaisella tietosisällöllä, eli mitoitus tiedolla, ei ole vielä vaatimuksia. Tähän suunnitteluvaiheeseen kuuluu olennaisena osana perinteisten 2D-leikkausten laadinta, joissa tulee esittää myös verkostojen kannakointi. Leikkauksista on havaittava, että suunnitellulla reitillä verkostot ovat asennettavissa ja huollettavissa. Kuvassa 2 on esitelty perinteinen TATE-komponenttien kannakoinnin sisältävä 2D-leikkaus. Järjestelmämalli luodaan mallintamalla 2D-leikkausten mukaisesti.

Yleissuunnitteluvaiheessa mallinnetaan pääreittien lisäksi määritelty mallihuone tai -alue, sekä laaditaan palvelualuekaaviot dokumentti- tai tietomallipohjaisesti. Mallinnuksen tarkkuustason on oltava riittävän tarkka, jotta sen avulla varmistutaan asennusten mahtumisesta valittuun alueeseen. (1, s.15–19.)



Kuva 2. Esimerkki yleissuunnitteluvaiheen TATE-leikkauksista, jossa on esitetty kannakointi.

Järjestelmämalli

Talotekninen järjestelmämalli tarkoittaa pääjärjestelmäkohtaista ehjää, laskentatyökalujen käyttöä mahdollistavaa ja kaikkien oleellisten ja todellisten komponenttien sisältä-

mää mallia. Tällöin esimerkiksi järjestelmäosien on jatkuttava ehjänä kerroksesta toiseen ja suunnitteluohjelmiston tasapainotus-, virtauslaskenta-, ja äänilaskentatyökaluja on pystyttävä käyttämään. Pääjärjestelmällä tarkoitetaan esimerkiksi lämmitysjärjestelmää, ilmanvaihtojärjestelmää tai viemärijärjestelmää. Yksi järjestelmämalli voi sisältää useampia pääjärjestelmän osajärjestelmiä, jota on havainnollistettu kuvassa 3. Esimerkiksi lämmityspatteriverkosto ja jäähdytyspalkkiverkosto voidaan mallintaa samaan järjestelmämalliin. Osajärjestelmät mallinnetaan ja nimetään omiksi verkostoiksi. Järjestelmämallista on löydyttävä mitoitusdataa, kuten esimerkiksi verkoston ja verkosto-osan painehäviö- ja virtaamatietoja.

Verkosto-osat vaaditaan mallinnettavaksi todellisuutta vastaavilla materiaaleilla ja tuotteilla, sisältäen putkistoeristykset. Mikäli todellista tuotetta ei ole saatavilla suunnitteluohjelmiston laitekirjastossa, tulee käyttää lähintä vastaavaa tuotetta. 2D-leikkauksissa esitettyjä kiinnikkeitä ja kannatinjärjestelmiä ei vaadita mallinnettavaksi.

Järjestelmämalli luodaan mahdollisimman todellisuutta vastaavaksi, jolloin myös viemärijärjestelmien kaadot vaaditaan mallinnettavan. Paikallisia, esimerkiksi WC-tilaryhmien tai asemapiirustuksen alueeseen kuuluvia viemäriverkostoja ei kuitenkaan vaadita mallinnettavan kaadolla, vaikka se on erittäin suotavaa. Käytännössä kuitenkin pienten ryhmien mallinnus kaadolla on muutossuunnittelun kannalta erittäin hankalaa, koska koko ryhmä täytyy mallintaa uudelleen, sillä kaadolla mallinnetun viemärin muokkaaminen suunnitteluohjelmistoilla on erittäin hankalaa jälkikäteen. Suunnittelijan on kuitenkin varmistuttava, että myös näiden alueiden kaadoille on alueella tilaa.

Palonsammutusjärjestelmät mallinnetaan geometrialtaan todellisina, mutta sprinklersuunnittelija voi käyttää erillistä ohjelmistoa paine- ja virtauslaskentojen suorittamiseksi, jolloin palonsammutuksen järjestelmämallin ei velvoiteta sisältävän mitoitusdataa. Mitoitusdataa ei myöskään velvoiteta sisältyvän erikoisjärjestelmiin kuten paine-, höyry-, ja savunpoistojärjestelmiin. Erikoisjärjestelmien mallinnuksesta sovitaan suunnittelusopimuksissa erikseen siten, että mikäli TATE-tehtäväluettelossa on määritetty jokin erikoisjärjestelmä suunnittelun piiriin, tulee mallinnusta käyttää kyseisen verkoston suunnittelussa ja esittää verkosto tilanvaraus- ja törmäystarkasteluita varten yhdistelmämallissa.

Järjestelmämallia voidaan käyttää myös säätöpiirustuksen laadintaan, mutta se on LVI-suunnittelijalta erikseen tilattava toimeksianto. Suunnitteluohjelmiston tasapainotustie-

dot voidaan siirtää komponenteille mikä mahdollistaa verkostojen painetasojen ja komponenttien säätöarvojen tarkastelun yhdistelmämallin avulla. Ohjelmistot kuten Solibri Model Checker (SMC) tai MagiCAD pystyvät myös tuottamaan näistä erilaisia säätötaulukoita. SMC:ssä taulukkoarvoa klikkaamalla saa myös kyseisen komponentin sijainnin näkyviin ja tarvittaessa muutamalla lisäklikkauksella näkyviin saa myös komponenttiin kuuluvan järjestelmän. MagiCAD puolestaan tuottaa enemmän perinteisiä Excel-pohjaisia taulukoita ja 2D-tasopiirustuksia, joihin pystyy merkitsemään esimerkiksi verkoston painehäviöteknisesti vaikeimman reitin. Oikeiden säätöarvojen saamiseksi on kuitenkin huomattava, että suunnittelijan tulee vaihtaa urakoitsijan vaihtamat, säätävät tuotteet suunnitelmiinsa ennen tasapainotusta. (1, s. 21–25.)



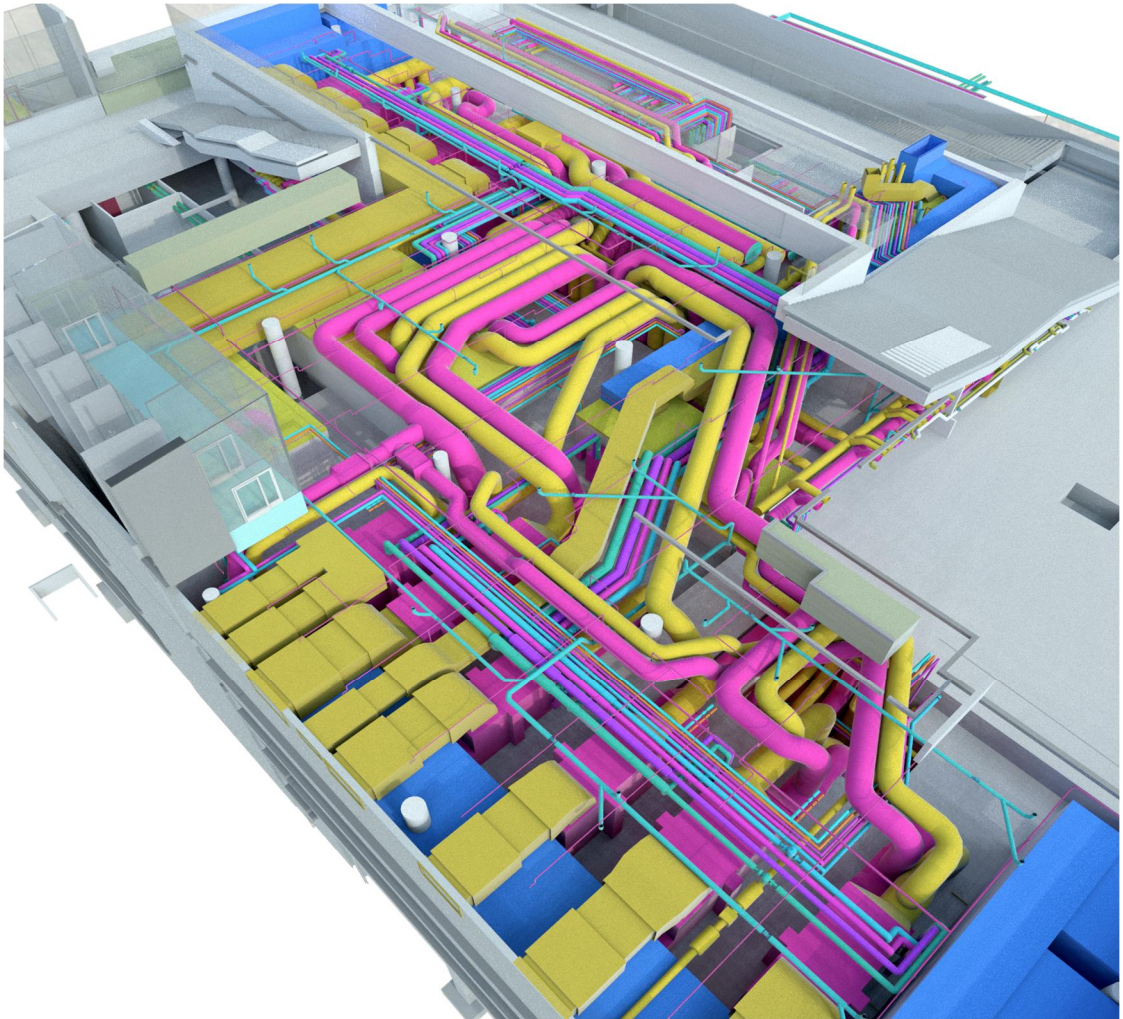
Kuva 3. Esimerkki ilmanvaihdon järjestelmämallista, jossa useampi ei ilmanvaihdon osajärjestelmä on mallinnettu samaan järjestelmämalliin.

Yhdistelmämalli

Yhdistelmämalli tarkoittaa eri suunnittelualojen järjestelmämallien yhdistämistä yhdeksi tietomalliksi. Käytännössä arkkitehti-, rakenne- ja talotekniikkamallit haetaan esimerkiksi SMC-ohjelmistoon, jolloin puhutaan yhdistelmämallista (kuva 4). Yhdistelmämallin luominen on osa suunnitelmien yhteensopivuuden tarkastelua sekä suunnitelmien havainnollistamista. Yhdistelmämalli toimii myös pohjana TATE-järjestelmien törmäystarkasteluille sekä reikä- ja varaussuunnittelulle.

YTV2012 ohjeistuksessa on esitetty tarkkuustaso- ja tietosisältövaatimukset komponenttikohtaisesti. Yksinkertaisimmillaan kiteytettynä tarkkuustason on oltava sellainen, että kohteen talotekniset asennukset ovat asennettavissa yhdistelmämallin perusteella vaikka tavoitteena onkin risteilyvapaa tietomalli. Yhdistelmämallin tietosisältöön on pystyttävä luottamaan ja sen on vastattava muita suunnitteludokumentteja, esimerkiksi ilmanvaihtolaitteiden huonelaitetunnusten on vastattava ilmanvaihdon huonelaiteluettelon tunnuksia.

Ohjeistuksen toleranssi on mallihuoneiden ja alueiden osalta 50 mm. Muut geometrian mallinnustarkkuudet on suunnitteluvaiheittain kuvattu YTV2012 osan 4 lopusta löytyvästä taulukosta. Törmäystarkasteluissa esimerkiksi SMC:n leikkaussäännöissä voidaan asettaa sekä horisontaalinen että vertikaalinen toleranssi. Jos kappaleet leikkaavat SMC:ssä toisiaan esimerkiksi 23 mm toleranssin ollessa 25 mm, ei ilmoitusta tehdä. Kytkenäjohtoilla sallitaan DN10-25 -kokoisten putkien keskinäiset törmäilyt. Tämä tarkoittaa sitä, että DN25-putki ei saa välttämättä mennä Ø315 kanavan läpi, vaan korkeintaan toisen DN25-kokoisen putken läpi. Törmäyksiä tutkiessa on kuitenkin muistettava, että asennusten on onnistuttava mallin mukaisesti vaikuttamatta kustannuksiin tai työmaan aikatauluun, jolloin pienempienkin putkistojen törmäyksien korjaaminen voi olla välttämätöntä tilanahtaudesta riippuen. Runkoverkoston törmäilyt ovat aina raskauttavampia kuin kytkentäjohtojen. (1, s. 32–39.)



Kuva 4. Esimerkki yhdistelmämallista, johon on yhdistetty usean eri suunnittelualan järjestelmämallit (7).

Toteumamalli

Toteumamallilla tarkoitetaan järjestelmämallin päivittämistä urakoitsijavalinnoilla, jolloin sen tietosisältövaatimukset vastaavat järjestelmämallia. Järjestelmämallien päivittäminen toteumamalliksi koskee myös urakoitsijoiden niin kutsuttujen punakynäversioiden viemistä suunnitelmiin. Urakoitsijoiden veloitteena on tarkastaa keskenään toistensa piirustukset, jotta verkostojen muutokset tulevat kaikkien eri urakoitsijoiden punakynästä. Urakoitsijat voivat myös vaihtoehtoisesti valokuvata muuttuneet kohdat, mikäli muutospäätökset on valokuvista selvästi havaittavissa. Toteumamallin päivittäminen on tilattava tarjouspyyntövaiheessa erikseen, mutta yleensä tietomallilla on tällöin esimerkiksi ylläpidon aikainen käyttötarkoitus tai päivityksen teko voi olla kyseenalaista. Punakynien päivitykset sisällytetään yleensä suunnittelijasopimuksiin. (1, s. 40–41.)

2.4 Tietomallintaminen Suomessa ja Euroopassa

Yhdistyneet Kuningaskunnat julkaisi valtioneuvoston liiketoiminnan, innovaatioiden ja taitojen osaston (UK Government's Department for Business, Innovation and Skills, BIS) tukeman rakennusstrategian vuonna 2011, jonka tarkoituksena oli vaatia, että vuoteen 2016 mennessä kaikkien valtion yhteistyöhankkeet toteutetaan tietomallipohjaisina rakennushankkeina. Hankkeeseen nimitettiin UK BIM Task Group -niminen työryhmä, jonka päätavoitteena oli nykyaikaistaa rakennusalaan fokuksenaan vähentää pääomakustannuksia ja laskea rakennetun ympäristön hiilidioksidipäästöjä 20 %. Kehittämishankkeessa on uskottu siihen, että tavoitteisiin pääsemisen edellytyksenä on keskittyminen tietojenkäsittelytekniikkaan, sekä prosessien ja yhteistoiminnallisten käyttäytymismallien käyttöönotto. UK:ssa on päästy siihen, että valtion hankkeissa noudatetaan vähintään BIM-tasoa 2 ja työryhmä kehittää edelleen tasoa 3. Taso 2 käsittää suunnitteluajankaisen tietomallien käytön ja taso 3 rakennuksen ylläpitovaiheen käytön. (8; 9.)

Euroopan unioni on myös vuodesta 2013 rahoittanut Euroopan komission vetämää EU BIM Task Group -nimistä ryhmää, jonka tavoitteena on rohkaista Euroopan alueen julkisia toimijoita tutustumaan digitaalisen rakentamisen tuomiin etuihin ja hyötyihin rakentamisessa ja rakentamisen jälkeisessä ylläpitovaiheessa. EU BIM Task Group -ryhmän koordinaattorina toimii myös BIS, vetäjänään UK BIM Task Groupin entinen puheenjohtaja Adam Matthews. Ryhmä ei kilpaile buildingSMARTin kanssa, eikä se tuota kilpailevaa aineistoa, vaan pikemminkin esittää julkisten toimijoiden näkemyksiä ja intressejä kansainvälisille standardien laatijoille kuten ISO:lle (International Organization for Standardization), CEN:lle (European Committee for Standardization) sekä buildingSMART:lle. EU BIM Task Group on julkistanut Brysselissä 4.7.2016 julkisille toimijoille ja poliitikoille tarkoitetun käsikirjan, joka sisältää yleiset periaatteet BIM (Building Information Modeling) -työskentelystä julkisissa hankkeissa tai strategioissa. (10; 11.)

Myös Suomessa on herätty rakentamisalan digitalisaation tuomiin mahdollisuuksiin. Ympäristöministeriö johtaa rakennetun ympäristön ja rakentamisen digitalisaatio-hanketta (KIRA-digi), jonka tarkoituksena on yhdessä julkishallinnon, että yksityisten toimijoiden kanssa poistaa digitalisaation hallinnollisia esteitä, sekä parantaa kiinteistö- ja rakentamisalan informaation yhteen toimivuutta ja saatavuutta. KIRA-digi on hallituksen kärkihanke, jonka 16 miljoonan euron rahoituksesta 50 % rahoittaa Suomen valtio.

Hanketta toteuttavat Kiinteistö- ja rakentamisfoorumi (KIRA-foorumi), kunnat sekä ministeriöt. KIRA-foorumiin kuuluu yhteensä 14 yhteisöä, joista talotekniikka-alalta on mukana Talotekniikkateollisuus ry. KIRA-digi-hankkeen budjetista rahoitetaan myös yhteensä yli neljällä miljoonalla eurolla pilottihankkeita, jotka tarjoavat uudenlaisia, koko kiinteistö- ja rakennusalan arvoketjua hyödyttäviä ratkaisuja ja toimintatapoja. KIRA-digi-hankkeen tuella on esimerkiksi rahoitettu buildingSMART Finlandin Talotekniikka-toimialaryhmän vetämänä IFC-tietomallimäärittelyn vakiointiprojektia, jonka tavoitteena on automaattinen, koneluettava BIM-tiedonsiirto suunnittelusta rakentamiseen ja myöhemmin myös ylläpidon tarpeisiin. Vakiointiprojektia on esitelty lisää tämän opinnäytetyön luvussa 7.1. (12; 13.)

3 Tutkimuksen suoritus

Tämän opinnäytetyön tutkimusstrategiaksi on valittu kvantitatiivisen ja kvalitatiivisen tutkimusmuodon yhdistelmä, joiden avulla kartoitetaan talotekniikkamallien tietosisällön tarvetta nykysisältöön verrattuna. Tutkimus on luonteeltaan kartoittava, ja sen tarkoitus on etsiä ja löytää uusia ilmiöitä sekä selvittää ja avata vähemmän tunnettuja ilmiöitä. Tutkimuksessa kvalitatiivisen survey-tutkimuksen tarkoitus on luoda perustat kvalitatiivisille tapaustutkimuksille luoden tarkemman ja mielekkäämmän haastattelukokonaisuuden. (4, s. 134, 137–138.)

Kvantitatiivisen survey-tutkimuksen pääpiirteensä on kerätä tietoa standardoidussa muodossa tietystä ihmisjoukon otoksesta käyttäen strukturoitua kyselylomaketta. Kerätyn aineiston perusteella kuvaillaan, vertaillaan ja selitetään talotekniikkamallien tietosisällön tarvetta. Kyselytutkimuksen kohdennusta ja lopputuloksia on käsitelty tarkemmin kappaleissa 3.1 ja 4.1. Kvalitatiivinen tapaustutkimus (case study) on piirteiltään yksityiskohtaisen ja intensiivisen tiedon keräämistä yksittäisestä tapauksesta. Tässä opinnäytetyössä on käsitelty kaksi tapaustutkimusta, jotka on esitelty ja avattu tarkemmin luvuissa 3.2 ja 4.2. (4, s. 134.)

Asiantuntijahaastattelut ovat myös luonteeltaan kvalitatiivista tutkimusta. Tässä opinnäytetyössä asiantuntijahaastatteluita on käytetty kysely- ja tapaustutkimuksissa esille nousseiden tutkimuksen kehityssuuntien havainnollistamiseen. Asiantuntijahaastattelut ovat olleet luonteeltaan teemahaastatteluita, joiden luonteeseen kuuluu, että haastattelun aihepiirit ovat osapuolten tiedossa, mutta kysymysten tarkka muotoilu puuttuu. Tässä opinnäytetyössä on tehty viisi asiantuntijahaastattelua, jotka on esitelty luvuissa 3.3 ja käsitelty haastattelun aihesisällön yhteydessä luvuissa 4, 5, 6, 7 ja 8. (4, s. 205, 208–209.)

Kyselytutkimuksen ja tapaustutkimusten päätavoitteena on saada vastauksia ensimmäiseen ja toiseen päätutkimuskysymykseen:

1. Miten talotekniikan tietomalleja käytetään suunnittelussa ja työmailla tutkimus-
hetkellä, ja miten niitä haluttaisiin käyttää?
2. Onko talotekniikkamallien tietosisältö riittävä?

Asiantuntijahaastatteluluilla pyritään puolestaan selvittämään vastauksia kolmanteen päättökysymykseen:

3. Mitä tarkemman tietosisällön tuottaminen talotekniikan järjestelmämalleihin vaatii suunnittelijalta?

3.1 Kyselytutkimuksen toteutus

Verkkopohjainen kyselytutkimus tehtiin opinnäytetyössä ensimmäisenä, sillä sen tarkoituksena oli kartoittaa tutkittavan aiheen laajuutta ja luonnetta. Kyselytutkimuksen tavoite oli siis kerätä mahdollisimman laaja otanta talotekniikka-alan asiantuntijoiden näkemyksiä tietomallintamisesta sekä tietomallintamisen haasteista ja puutteista.

Kyselytutkimus toteutettiin pääasiassa 12/2016–01/2017 SurveyMonkey-nimisen sivuston kautta, kyselytutkimuksen linkki oli kuitenkin avoin vielä helmikuun ajan. Granlund Oy:n, Tero Järvisen, sekä tutkijan omien verkostojen kautta jaettiin kyselytutkimuksen sivustolinkkiä sosiaalisessa mediassa ja sähköpostitse eri yhteistyökumppaneille. Tero Järvisen Twitter-sivuilta sivustolinkin huomasi myös Talotekniikka-lehti, joka teki kyselystä artikkelin omille verkkosivuilleen tutkimukseen johtavan sivustolinkin kera (kuva 5). Kyselytutkimuksen lyhyt tulkinta ja yhteenveto julkaistiin helmikuun alussa buildingSMART Finlandin Tietomalli-blogissa sekä Granlund Oy:n verkkosivuilla. Tietomalli-blogin julkaisu on luettavissa liitteestä 1. (14.)

Kysymykset 1, 5, 7, 8, 9 ja 10 olivat monivalintakysymyksiä, joiden yhteydessä pyydettiin monivalinnan lisäksi esimerkkiä. Kysymykset 2, 3, 4 ja 6 olivat avoimia kysymyksiä. Kyselytutkimus sisälsi kaikkiaan 11 kysymystä:

1. Minkä kokoisessa yrityksessä tai konsernissa työskentelet? Kerro tässä myös työnkuvasi.
2. Mihin käyttötarkoituksiin tiedät käytettävät talotekniikan tietomalleja organisaatiossanne?
3. Miten käytät talotekniikan tietomalleja työssäsi?
4. Oletko havainnut, että talotekniikan tietomalleissa olisi hyvä olla jokin sieltä yleisesti puuttuva informaatio tai tietosisältö? (Esimerkiksi komponenttien suojaetäisyydet, kannakkeet, jne.)

5. Näkisitkö, että aikataulusisältöisestä TATE-tietomallista olisi työssäsi hyötyä? (Esimerkiksi jos aikatauluinformaatiota pysyttäisiin siirtämään tietomallin avulla osoittamaan jo asennettu tekniikka eri värillä.)
6. Mitä tietomalleista voisi tai pitäisi mielestäsi tarkastaa pelkän törmäystarkastelun lisäksi?
7. Näkisitkö, että suunnittelijan säännöllisestä läsnäolosta työmaalla olisi hyötyä rakennushankkeen etenemisen (asennustöiden) kannalta?
8. Kuinka usein työmaalla asennetaan suunnitelmista poiketen, koska tietomallissa on ristiriita?
9. Toimitatteko/käytättekö TATE-massalistoja tai työstetäänkö niitä työmaalla malleistakaan itse?
10. Pitäisikö ”perinteisessä” TATE-massalistassa olla jotakin lisää?
11. Ajatuksia?

☰
Talotekniikka
🔍



TIEDE JA KOULUTUS

Osallistu tietomallikyselyyn

13.12.2016 09:50

LVI-suunnittelija Johanna Lankinen tekee ylemmän ammattikorkeakoulun (YAMK) opinnäytetyötä talotekniikan tietomallien suunnittelumenetelmien kehittämisestä ja mallien käytöstä työmaalla.

Kuva 5. Talotekniikka-lehden artikkeli lehden verkkosivuilla (14).

3.2 Tapaustutkimusten toteutus

Tapaustutkimukset suoritettiin survey-tutkimuksen päätyttyä, sekä kyselytutkimuksen otannan seulomisen jälkeen helmi–huhtikuun välisenä aikana 2017. Tapaustutkimukseen valittiin Granlund Oy:n käynnissä olevista hankkeista kaksi tapausta, joiden valinnassa kriteereinä olivat hankkeen suunnittelu ja työmaavaiheen tilanne, sekä pääura-koitsijataho.

Työmaiden yhteyshenkilöille toimitettiin etukäteen survey-tutkimuksen materiaalia (liite 2), jonka tarkoitus oli johdattaa haastateltava syvemmin käsitteillä olevaan aiheeseen. Tapaustutkimus käsitti työmaan yhteyshenkilön haastattelun lisäksi käynnissä olevan hankkeen piirteiden läpikäyntiä esimerkkien avulla. Tapaustutkimukset suoritettiin hankkeen työmailla, työmaan tiloissa. Haastattelun tuloksia on esitelty tarkemmin luvussa 4.2.

Tapaustutkimus 1: i3 Kauppakeskuksen laajennus

Keskon kaikkien aikojen suurimmaksi kauppakeskushankkeeksi nouseva i3 ensimmäinen vaihe valmistuu syksyllä 2017, kun nykyisen K-Citymarketin rinnalle rakennetaan kokonaan uusi K-Citymarket sekä kahviloita ja ravintoloita. Hanke on edetessään saanut nimekseen Easton (kuva 6). Kokonaisuudessaan Easton valmistuu vuonna 2019, jolloin uusi kauppakeskus laajenee nykyisen Citymarketin paikalle. Valmistuttuaan Easton on kokoluokaltaan puolet Itiksen kauppakeskuksesta, lähes kauppakeskus Kaaren kokoinen. Jos Itis lasketaan mukaan, on Itäkeskuksessa Pohjoismaiden suurin kauppakeskittymä Eastonin valmistuttua. Kauppakeskuksen rinnalle nousee myös Keskon rakennuttamana kaksi tornitaloa, joihin tulee yli 100 asuntoa. Hankkeen kokonaiskustannukset ovat Keskon aluejohtajan Antti Palomäen mukaan 250 miljoonaa euroa. (15; 16.)

I3-työmaan pääurakoitsija on Haahtela Oy. Tapaustutkimuksessa haastateltiin Haahtelan alihankkijalla, Byggnadsekonomi Oy:llä, BIM-tuotannonohjausinsinöörinä työskentelevää Jukka Rannistoa. Kohteen urakoitsijat on velvoitettu käyttämään tietomalleja hyväkseen asennustöissä.



Kuva 6. Kauppakeskus I3:n markkinointikuva (16).

Tapaustutkimus 2: Helsinki-Vantaan lentoaseman laajennus

Vuonna 2013 alkaneessa Helsinki-Vantaan kehitysohjelmassa terminaalia laajennetaan 103 000 neliömetrillä, jolloin koko terminaalin pinta-ala hankkeen valmistumisvuonna 2020 on yli 250 000 neliömetriä. Myös lentokoneiden pysäköintialueita ja rullausreittejä uudistetaan 65 jalkapallokentän kokoiselta alueelta 330 000 neliömetrin verran. Vuonna 2013 hanke käynnistyi yleissuunnitteluvaiheella ja vuosien 2014–2015 aikana toteutettiin vanhojen rakennusten purku- ja laajennustyöt. Eteläsiiven ja länsisiiven terminaalien laajennustyöt aloitettiin vuonna 2016. Eteläsiiven laajennuksen on määrä valmistua vuonna 2017 ja Länsisiiven laajennuksen vuonna 2018. (17)

Finavian työmaan pääurakoitsijana toimii Lemminkäinen Oyj. Tapaustutkimuksessa haastateltiin Lemminkäisen talotekniikkakoordinaattori Seppo Sainiota. Tapaustutkimuksen aikana seurattiin myös Finavian työmaan TATE-urakoitsijakokousta sekä tehtiin työmaakierros. Kohteen urakoitsijoita on veloitettu käyttämään tietomalleja hyväksien asennustöissä.



Kuva 7. Helsinki-Vantaan lentoaseman eteläsiiven laajennus (17).

3.3 Asiantuntijahaastatteluiden toteutus

Tutkimuksen täydentäväksi osaksi tehtiin kevään 2017 aikana myös viisi asiantuntijahaastattelua tutkimuskysymysten keskeisiin osa-alueisiin liittyen, mutta myös kyselytutkimuksessa esille nousseiden vartenotettavien kehityssuuntien tukemiseksi. Asiantuntijahaastattelut liittyivät hankkeiden urakkalaskennan lisäksi eri ohjelmistojen tuntemukseen. Erityisesti asiantuntijahaastatteluilla tahdottiin vastauksia kolmanteen pää-tutkimuskysymykseen ”mitä tarkemman tietosisällön tuottaminen talotekniikan järjestelmämalleihin vaatii suunnittelijalta?”, mutta asiantuntijahaastatteluiden keskeisin tehtävä oli kuitenkin lisätä tutkijan ymmärrystä käsiteltävästä aiheesta.

Urakoitsijan ja konsulttitoimiston tekemä urakkalaskenta

Urakoitsijan näkökulmasta haastateltiin LVI-projektipäällikkö Risto Lankista Lämpökarelia Oy:stä. Lankisen tehtäviin kuuluu työmaan projektinjohtotehtävien tiimoilta laitevalmistajien tarjouskyselyiden laadinta, sekä myös tarjouspyyntökohteiden urakkalaskenta. Lankisen kanssa käytiin läpi myös kyselytutkimuslomake erityisesti urakoitsijan näkökulmasta keskittyen päätutkimuskysymyksiin 1 ja 2. (18.)

Konsulttitoimiston tekemään urakkalaskentaan haastateltiin Granlund Consulting Oy:ltä Sari Linnaa, joka toimii Granlund Consulting Oy:lla kustannusohjauksen johtavana asiantuntijana. Granlund Consulting Oy:n tekemä määrälaskenta perustuu aina tarkoituksenmukaisesti tuotettuihin määräluetteluihin noudattaen alalla yleisesti tunnettuja stan-

dardeja kuten Talo-80:a. Määrälaskennassa hyödynnetään aktiivisesti BIM-tietomallinnusta. (19.)

Ohjelmistot

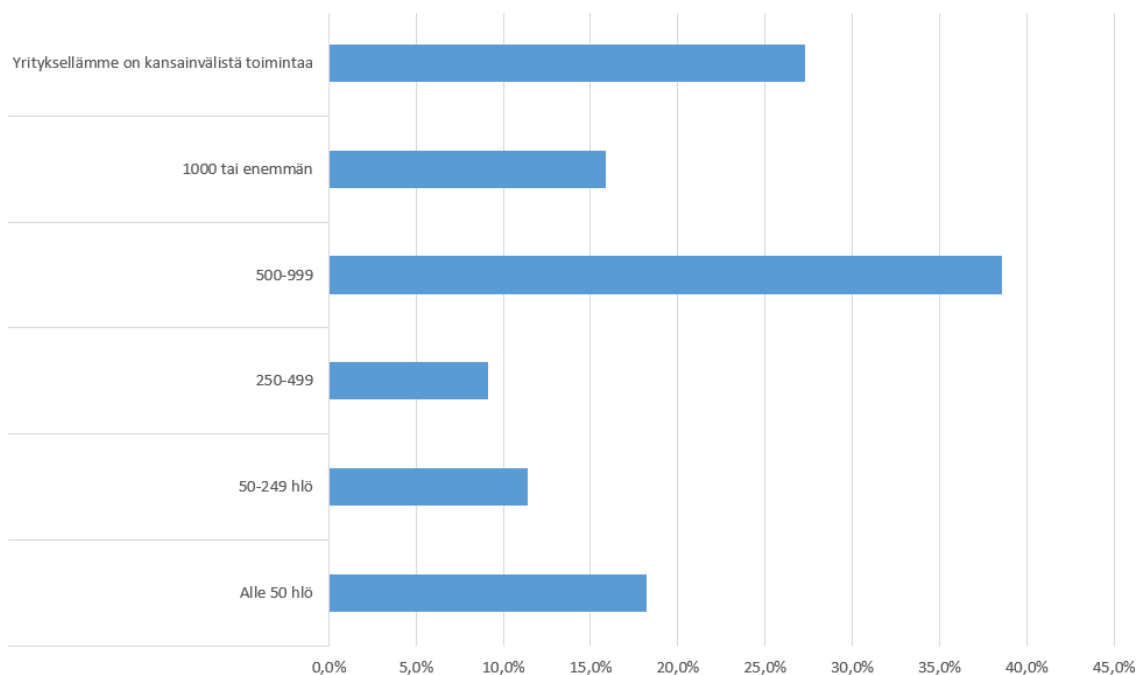
Solibri Model Checker -ohjelmiston eri toiminnollisuuksien hyödyntämisestä kyselytutkimuksen tulosten toteutuksesta haastateltiin Solibri Inc:n tuotepäällikkö Anne Urrilaa, sekä Solibri Inc:n teknisen tuen ja koulutuksen Lauri Luomaa. MagiCAD-ohjelmiston toiminnollisuuksista haastateltiin Granlund Oy:n järjestelmäasiantuntija Jan-Erik Olinia. (20; 21; 22.)

4 Tutkimustulokset

4.1 Kyselytutkimuksen tulosten tulkinta ja kuvaus

Kyselytutkimustulokset pystytään jakamaan kahteen osajoukkoon, suunnittelijoihin ja työmaahenkilökuntaan, mutta näitä voidaan myös tarkastella kokonaisuutena. Suunnittelijataustaisia vastaajia oli helmikuun loppuun mennessä yhteensä 32 (77 %) henkilöä ja työmaataustaisia vastaajia 12 (33 %) henkilöä, otannan ollessa yhteensä 44 vastaajaa. Yleisimpiä vastaajien ammattinimikkeitä olivat LVI-suunnittelija, LVI-asiantuntija ja projektipäällikkö. Joukosta löytyi lisäksi sähkö-, rakennusautomaatio- ja rakennesuunnittelijoita, arkkitehti, työmaainsinöörejä, VDC-asiantuntija, BIM-asiantuntija sekä yksi hankekehityspäällikkö. Vastaajia oli pienemmistä alle 50 henkilön yrityksistä kansainvälisesti toimiviin suuryrityksiin. Vastaajien yritysten kokojakauma on esitetty kaaviossa 1. (23.)

Osasta vastauksia pystyi selvästi päättämään, että vastaajalla on käynnissä olevassa hankkeessa tai suunnittelukohteessa selvästi ollut haasteita tai ongelmia annetun vastauksen aihepiirin yhteydessä, sillä samat vastaukset toistuvat tai korostuvat monen eri kysymyksen kohdalla. Toisaalta näiden vastaajien vastauksista korostuu myös esimerkiksi YTV2012 puutteellinen hallinta tai käynnissä olevissa hankkeissa työskentelevät osapuolet eivät hallitse kokonaisvaltaisesti yleisiä tietomallivaatimuksia. Malleissa on esimerkiksi oltava eristykset ja kokoojaviemäreissä on oltava perusmuurin sisäpuolella kaadot, joihin yleisissä tietomallivaatimuksissa on mallinnusrajat. (1, s. 22–23; 23.)



Kaavio 1. Kyselytutkimukseen vastanneiden henkilöiden yritysten kokojakauma (23).

Talotekniikan tietomallien käyttötarkoitukset

Kyselytutkimuksessa kysyttiin vastaajilta mihin, he itse käyttävät talotekniikan tietomalleja ja miten he tietävät malleja heidän organisaatiossaan käytettävän. Kysymys kartoittaa sitä, mikä omassa työssä mielletään BIM-työskentelyksi. Vastaajien organisaatioista 52 % käyttää tietomallintamista törmäystarkasteluihin kun taas vastaajista itse törmäystarkastelua tietomallien avulla tekee 38,5 % kaikista vastaajista. Kysymyksessä tai vastauksissa ei tule ilmi, onko törmäystarkasteluiden tekeminen manuaalista vai ohjelmallista.

Suunnittelijapuolen vastaajista lähes kaikki käyttävät tietomalleja suunnittelutehtävien apukäyttöön esimerkiksi tilan tai suunniteltavan ympäristön havainnollistamisessa, johon liittyy myös vahvasti talotekniikkakomponenttien yhteensovitus. Vain kaksi vastaajaa suunnittelijapuolen 32 vastaajasta mainitsee erikseen teknisen verkostomitoituksen yhtenä tietomallin käyttötarkoituksena. Epäselväksi vastauksista jää, mieltävätkö suunnittelijat teknisen mitoituksen kuuluvan suunnittelun aputehtäviin vai onko teknisten mitoitusten käyttö ohjelmallisesti vähäistä. Vastauksista ei tule ilmi, tarkoitetaanko teknisellä mitoittamisella esimerkiksi MagiCAD-ohjelmiston mitoitus- vai tasapainotustyökaluja. Suunnittelijataustaisista vastaajista vain 6 % mainitsee, ettei käytä nykyisissä työtehtävissään tietomallintamista kyselyn ajankohtana.

Tietomallien käyttötarkoitukset työmaaorganisaatioissa painottuvat erityisesti urakka- ja massalaskentaan, asennustöiden ohjaukseen ja valvontaan, työjärjestysten suunnitteluun, töiden ennakkointiin, mitta- ja korkotietojen saamiseen, aikataulutukseen ja suunnittelun ohjaukseen. Vastauksissa mainitaan myös tietomallin käyttö hankinnan apuna, mikä voi yksinkertaisimmillaan tarkoittaa esimerkiksi havainnollistavien kuvakaappaus-ten liittämistä tarjouspyyntöasiakirjoihin, mutta myös yhdistettynä ohjelmistojen ryhmitelytoimintoihin voidaan tällä tarkoittaa myös määrälaskentaa. Tietomallien käyttötarkoituksia on vastausten perusteella esitetty lisäksi kuvassa 8, jossa suuremmalla fontilla esitetty vastaus on esiintynyt useamman vastaajan vastauksissa. (23.)



Kuva 8. Vastaukset tutkimuskysymyksiin "Mihin käyttötarkoituksiin tiedät käytettävän talotekniikan tietomalleja organisaatiossanne?" ja "Miten käytät talotekniikan tietomalleja työssäsi?" (23).

Talotekniikkamallien tietosisältö

Kaikista vastaajista 25 % ei näe etua informaation lisäämisessä tietomalliin, mutta 75 % vastaajista pitää tietomallin tietosisällön lisäämistä positiivisena asiana, kunhan tietosisällön laajentaminen ei vaikuta negatiivisesti malleissa työskentelyyn tai pdf-kuvien luettavuuteen. Vastauksissa korostetaan, että informaation lisääminen ei saa esimerkiksi kasvattaa mallien kokoa sellaiseksi, että työskentely ohjelmistojen puolella hidastuu merkittävästi. Suurin osa kyselytutkimuksen potentiaalisesti lisättävästä informaatiosta on sellaista, että sen tarkoitus voi olla tietona objektin sisällä, ei välttämättä tasokuvissa mittatekstin päässä. Kysymyksessä ”Oletko huomannut, että talotekniikan tietomalleissa olisi hyvä olla jokin sieltä yleisesti puuttuva informaatio tai tietosisältö?” saatuja vastauksia on esitetty kuvassa 9. Selvästi eniten vastaajien keskuudessa nousi toistuvasti ilmi tekniikkakomponenttien suojaetäisyydet, erilaiset tilanvaraukset sekä LVI- tai sähkönumero. Kuvassa suuremmalla fontilla esitetty vastaus on esiintynyt useamman vastaajan vastauksissa. (23.)



Kuva 9. Vastaukset tutkimuskysymykseen ”Oletko huomannut, että talotekniikan tietomalleissa olisi hyvä olla jokin sieltä yleisesti puuttuva informaatio tai tietosisältö?” (23).

Tämä opinnäytetyö ei keskity syvällisesti BIM-pohjaisen 4D-tietomallin TATE-aikataulutukseen, vaikka aikataulusisältö on osana tietomallin käyttötarkoitusta olennainen mietittäessä TATE-mallien käyttötarkoituksia. Vastaajat tunnistavat aikataulusisältöisten mallien olemassaolon lisäksi myös, että aikataulusisällön tuottaminen tietomalliin on osittain manuaalista työtä, mutta palvelee rakennuttamisen aikana niin suunnittelijaa kuin työmaatakin. Eräs ryhmäpäällikkö kiteytti asian olennaisen osan erinomaisesti vastauksellaan: ”Jos rakennetaan ja suunnitellaan samaan aikaan, niin suunnittelija tietäisi mitä ei voida muuttaa ilman suuria kustannuksia. Työmaa voisi hyödyntää aikatauluja asennusjärjestyksiä mietittäessä.” Kaikista vastaajista 86,4 % oli sitä mieltä, että näkisivät aikataulusisältöisestä TATE-tietomallista työssänsä hyötyä.

Tietomallien tietosisällön määrä liittyy myös oleellisesti siihen, mitä kaikkea tietomalleista pitäisi tarkastaa eli auditoida. Vastaajista 6,8 % jätti vastaamatta kysymykseen ”Mitä tietomalleista voisi tai pitäisi mielestäsi tarkastaa pelkän törmäystarkastelun lisäksi?”. Kysymyksessä esille tulleita vastauksia on esitetty kuvassa 10 siten, että kuvassa suuremmalla fontilla esitetty vastaus on esiintynyt useamman vastaajan vastauksissa. Sama vastaaja antoi keskimäärin 2–3 vastausta tähän kysymykseen. (23.)

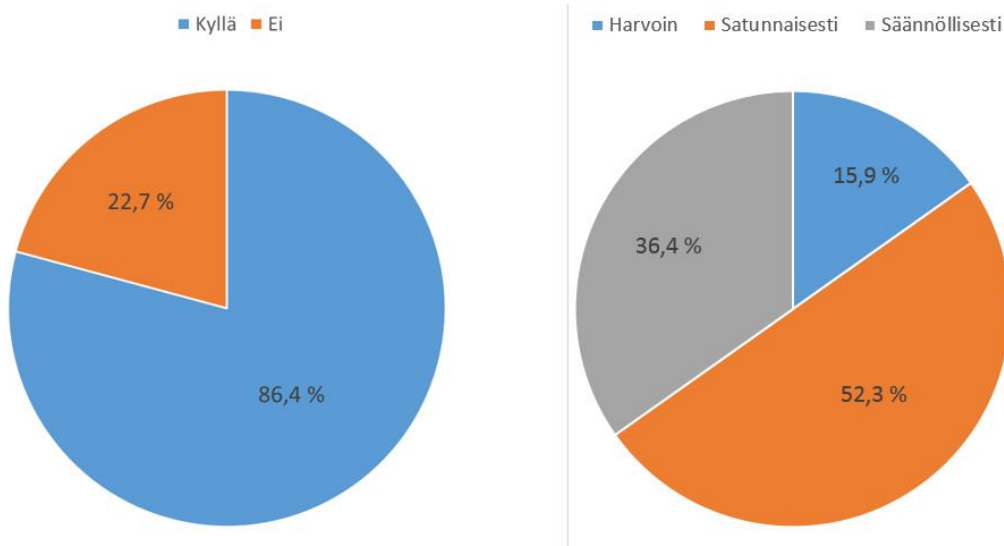


Kuva 10. Vastaukset tutkimuskysymykseen ”Mitä tietomalleista voisi tai pitäisi tarkastaa pelkän törmäystarkastelun lisäksi?” (23).

Suunnittelija työmaalla ja suunnitelmien noudatettavuus

Tietomallien ohjelmallisen auditoinnin lisäksi onnistuneessa rakennushankkeessa suunnitelmien noudatettavuus toimii yhtenä suunnitelmien laadun mittarina, mutta on myös yksi olennainen tekijä rakennushankkeen aikataulussa pysymiselle TATE-urakoinnin osalta. Kyselytutkimuskysymykset ”Näkisitkö, että suunnittelijan säännöllisestä läsnäolosta työmaalla olisi hyötyä rakennushankkeen etenemisen (asennustöiden) kannalta?” sekä ”Kuinka usein työmaalla asennetaan suunnitelmista poiketen, koska tietomallissa on ristiriita?” kartoittavat alan työntekijöiden näkemyksiä suunnitelmien laadusta ja toisaalta myös suunnittelijan roolista työmaavaiheessa.

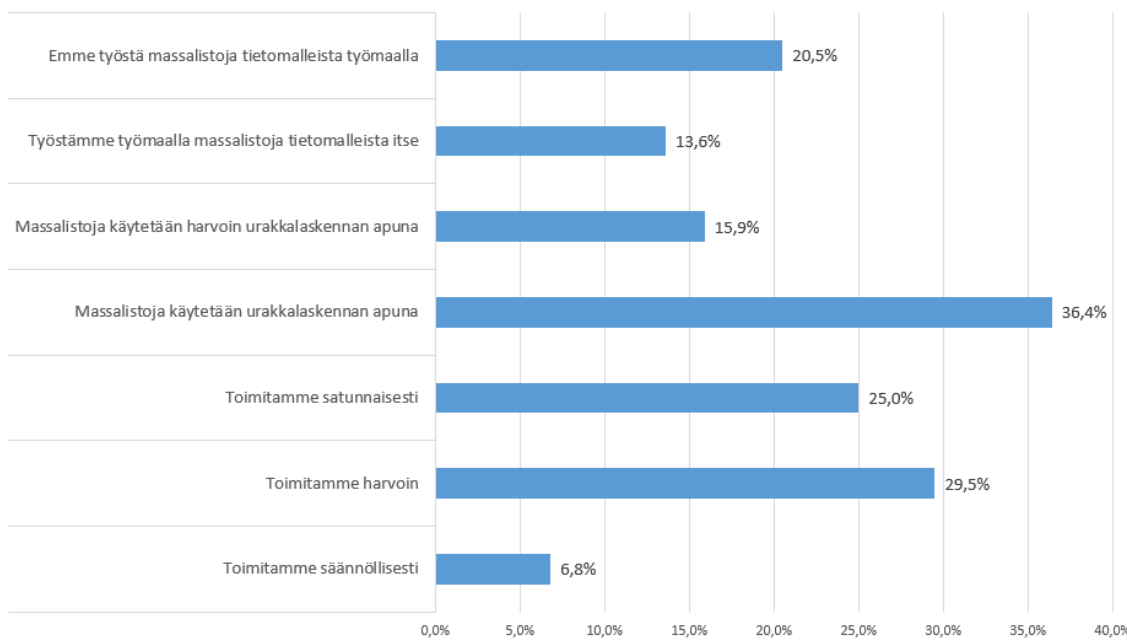
Tarkasteltaessa kaikkien vastaajien otantaa suunnittelijan säännöllistä läsnäoloa työmaalla kannattaa 86,4 % (kaavio 2), mutta mikäli otannassa tarkastellaan vain työmaataustaisia vastaajia, on kannattavuus 100 %. Toisaalta 36,4 % kaikista vastaajista myöntää, että rakennushankkeissa heidän kokemuksensa perusteella asennetaan säännöllisesti tietomallista poiketen, kun vain 15,9 % on sitä mieltä, että asennuksia tehdään harvoin vastoin tietomallia (kaavio 2). Suunnittelijataustaisten vastaajien kielteinen suhtautuminen säännölliseen työmaalla oloon nähdään enemmän kustannuskysymyksenä ja sitä pidetään työmaasta riippuvaisena. (23.)



Kaavio 2. Kuvassa vasemmalla jakauma kyselytutkimuskysymykseen ”Näkisitkö, että suunnittelijan säännöllisestä läsnäolosta työmaalla olisi hyötyä rakennushankkeen etenemisen (asennustöiden) kannalta?” ja oikealla jakauma kyselytutkimuskysymykseen ”Kuinka usein työmaalla asennetaan suunnitelmista poiketen, koska tietomallissa on ristiriita?” (23).

Massalistat urakkalaskennan apuvälineenä

Kyselytutkimuksen kaksi viimeistä kysymystä liittyvät tietomalleista saataviin talotekniikan massalistoihin ja niiden käytettävyyteen. Tietomallintamisen yksi käyttötarkoitus voi olla määrälaskennan tuottaminen taloteknisistä malleista urakkalaskentavaiheessa, tai esimerkiksi kahden revision vertailussa, hinnoittelussa ja muutosten kustannusvaikutusten laskennassa. buildingSMART Finlandin talotekniikkatoimialaryhmän vuonna 2015 teettämän nettikyselyn tuloksiin verrattaessa pystyy havaitsemaan massalistojen käytössä notkahdusta ylöspäin. 2015 teetetyn kyselyn perusteella niin suunnittelijoista kuin urakoitsijoistakin massalistoja käyttää melko usein noin 20 % vastaajista, kun kuvasta 12 voidaan nähdä, että tämän opinnäytetyön kyselytutkimuksen vastaajista yli kolmannes käyttää massalistoja urakkalaskennan apuvälineenä. Kyselyt eivät ole kuitenkaan täysin vertailukelpoiset ja kyselyiden vastaajien määrässä on buildingSMARTin tutkimuksen eduksi 80 % enemmän vastaajia. Suurin yksittäinen ongelma massalistojen ympärillä on molempien tutkimusten tulosten mukaan vastuukysymykset. Vastaajilta kysyttiinkin tämän opinnäytetyön kyselytutkimuksen yhteydessä, käyttävätkö tai toimittavatko he talotekniikan massalistoja vai työstävätkö he niitä mahdollisesti konserninsa sisäisesti itse omaan käyttöönsä (kaavio 3). (23; 24.)



Kaavio 3. Vastausjakauma kyselytutkimuskysymyksen "Toimitatteko/käytättekö TATE-massalistoja tai työstetäänkö niitä työmaalla malleista itse?" (23).

Massalistojen säännöllinen toimittaminen on kyselytutkimuksen vastaustenkin perusteella varsin vähäistä, vain 6,8 % vastaajista toimittaa massalistoja säännöllisesti. Kyselytutkimuskysymys ”Pitäisikö ”perinteisessä” TATE-massalistassa olla jotakin lisää?” avaa osaltaan hieman massalistojen käytön ongelmaa. Kaikista vastaajista 59,1 % on sitä mieltä, että massalistoissa ei pitäisi olla lisäominaisuuksia tai lisäinformaatiota. Lisäominaisuuksien kannattajien voi olettaa olevan työmaahenkilökuntaa, sillä avoimen vastauksen antajista 61 % on työmaataustaisia vastaajia ja kaikkiaan 10/12 työmaataustaista vastaajaa antoi tässä yhteydessä sanallisen mielipiteensä. Avoimista vastauksista korostuu myös erityisesti toive rakennusalan työehtosopimuksen mukaisten asennusolosuhteiden hintatietojen, sekä tuotekohtaisten LVI-koodien integroiminen osaksi TATE-massalistaa. Listojen käytön ongelma ei siis sinällään liity suoraan massalistaan itseensä, vaan sen voidaan päätellä liittyvän massalistan hyödynnettävyyteen urakoitsijoiden laskentaohjelmistoissa. (23.)

4.2 Tapaustutkimustulosten tulkinta ja kuvaus

Tapaustutkimusta käytettiin opinnäytetyössä kyselytutkimuksen aineiston syventämiseen, sillä kyselytutkimuksessa vastaukset voivat olla ja olivatkin osittain muutaman sanan tai virkkeen mittaisia, jolloin syvällisempi vastauksen tulkinta jää liiaksi tutkijan tulkintojen varaan. Tapaustutkimuksilla tavoiteltiin siis myös subjektiivisempaa tuloisten tulkintaa.

Talotekniikan tietomallien käyttötarkoitukset

Tapaustutkimuksissa ilmi tulleet tietomallien käyttötarkoitukset olivat linjassa kyselytutkimuksen tulosten kanssa. Tapaustutkimuksessa käyttötarkoituksia avattiin keskustelun muodossa. Talotekniikkamallien tärkeimpänä perusasiana pidettiin kaikissa tapauksissa tietomallin visuaalista havainnointia ja tiedon jakamista mallin avulla. I3-työmaan BIM-tuotannonohjausinsinööri Jukka Ranniston mukaan esimerkiksi hankalien paikkojen läpikäynti ja tiedon nopeampi välittyminen tekijöille on erittäin tärkeä mallin peruskäyttötarkoitus. Hän korostaa myös, että aikataulu- ja asennusjärjestysten suunnittelu on mallin avulla huomattavasti realistisempaa kuin pelkkien paperikuvien perusteella tehtynä, koska malleista talotekniikan painoalueet ovat selvemmin havaittavissa. Finavian työmaan Talotekniikkakoordinaattori Seppo Sainio on Ranniston kanssa samoilla linjoilla: ”heti kun tulee jokin ongelma, niin mallin avulla on aika helppo katsoa paikat.

Sillä pääsee paljon nopeammin eteenpäin kuin projektipankista hakemalla 2D-kuvia”. (25; 26.)

Tapauksissa on yhteneväistä, että tietomallit tulevat rakennushankkeessa urakoitsijoiden käyttöön vasta, kun rakennushankkeen toteutus alkaa, jonka Sainio kiteyttää: ”Rakennuspuoli käyttää malleja oikeastaan enemmän kuin talotekniikkapuoli, meille mallit tulevat käyttöön oikeastaan vasta sitten kuin lähdetään toteuttamaan”. Sainio kuitenkin huomauttaa, että suunnittelunohjauksessa malleja käytetään myös jonkin verran, mutta hän itse työskentelee jo käynnissä olevissa työmaahankkeissa. (25.)

Talotekniikkamallien tietosisältö

Talotekniikkamallien informaation käyttötarkoituksia pystyttiin pohtimaan ja perustelemaan haastateltavien kanssa enemmän kuin kyselytutkimuksessa. Rannisto esimerkiksi kertoo, että I3-työmaan TATE-valvoja pitää mitoitus tiedon löytymistä mallista jo alkuvaiheessa suunnittelua tärkeänä verkoston kriittisen tarkastelun vuoksi (25.):

”Talotekniikkavalvojalla on tarve tarkastella ja tarkisteleekin, että suunnitellut verkostot vastaavat niille asetettuja vaatimuksia. Siihen liittyen valvojalle on tärkeää, että mallista löytyy mitoitus tiedot jo alusta asti suunnittelun tarkastelun vuoksi, jolloin valvoja pystyy arvioimaan onko esimerkiksi kanavistoissa miten paljon varoja” (25).

Rannisto korostaa myös, että suunnittelijan tulisi tehdä riittävän varhaisessa vaiheessa suunnitelmilleen kriittinen runkoverkoston riittävyystarkastelu, koska ”välillä on jouduttu ihan tiputtamaan linjoja alas kun putkikoko ei ole riittänytään”. Malleista löytyvällä mitoitus tiedolla tarkoitetaan esimerkiksi MagiCAD-ohjelmiston tasapainotustyökalulla saatavaa verkostokomponenttien mitoitus dataa. Rannisto nostaa myös esille vaatimusmallin merkityksen talotekniikkavalvojan toimesta tapahtuvassa suunnitelmien valvonnassa. Sainio osaltaan käyttää tehtävissään enemmän mallin geometrisia ominaisuuksia, eikä ota kantaa verkostokomponenttien mitoitus tietojen tarpeellisuuteen tietomalleissa vaan esittää, että eksaktimpi tieto olisi käytön kannalta hyödyllisempää. Sainio nostaakin esille, että esimerkiksi ”hanaa napauttamalla nähtäisiin valmistajan tuotet tai LVI-koodi koska suunnitelmissa tunnistet ovat taas eri asiakirjassa ja mallista nähtävissä informaatio olisi helpommin löydettävissä”. (25; 26.)

Kannakointien lisäämistä tietomalleihin ei pidetä välttämättömänä, vaan ennemminkin niiden lisääminen arveluttaa, koska mallien visuaalisuus voisi kärsiä. Kannakointien

lisäämisen etuna toisaalta nähdään, että suunnittelija joutuisi miettimään enemmän tilanvarauksia, tekniikoiden asennettavuutta ja asennusvaroja. Sainion näkemyksen mukaan kannakoinnit kaikkein ahtaimmissa paikoissa voisivat kuitenkin olla hyödyksi myös tietomallissa. (25; 26.)

Uutena asiana kyselytutkimukseen nähden Rannisto esittää, että urakkarajat ja lohkojaot pitäisi saada malleihin sisälle, jos sellaisia hankkeessa on. Hän huomauttaa myös, että tekniikkakomponenttien realistiset kääntösäteet, läpivientien koot umpeen valettavissa läpivienneissä, sekä tarkoituksenmukaiset kaadot tulisi löytyä mallista. Esimerkkinä hän esittää, että läpivientien osalta olisi hyvä nähdä, onko läpivienti tarkoitus toteuttaa eristettynä vai eristämättömänä, tai jopa eri eristeellä kuin putkisto yleensä. Kallistusten suhteen oleellista olisi, että esimerkiksi vinokattojen suuntaiset komponentit on kaikki mallinnettu sillä tavalla kuin ne on tarkoitus asentaa. Sprinklerin runkoputkistoista puuttuu myös yleensä kaato, jonka Rannisto haluaisi malliin näkyviin, koska se ”heijastuu ja vaikuttaa muihin vieden pohjaa yhteensovittamiselta”. (25.)

Sainio näkee kehittämistarvetta sähkömallien tietosisällön lisäämiselle, hän esittää, että olisi asennustöitä palvelevaa mikäli kytkimestä tai pistorasiasta näkisi mihin ryhmään komponentti kuuluu tai, että kaapelihyllyistä näkisi, mihin keskuksille kyseisellä hyllyllä kaapeleita on tarkoitus kuljettaa. Hän pitää myös sähkön mallinnusrajoja hieman epätarkkoina, koska kokemuksensa mukaan välillä malleissa on osa esimerkiksi kytkimistä ja pistorasioista mallinnettu, mutta ei aina tai kaikkia. Rannisto viestitti samaa sähkösuunnitelmien informaation lisäämistä, hän nosti esille esimerkiksi kytkintietojen saamisen malliin. Sainion mukaan myös ”talotekniikkalaitteiden värisävyjen tieto mallissa olisi hieno asennusta ja tilaamista helpottava lisätieto”. (25; 26.)

Rannisto näkee myös ongelmana talotekniikkaan vaikuttavan arkkitehtien alakattojen mallinnustavan. Arkkitehdit mallintavat alakatot yleensä ohuena levynä vailla massaa, jolloin alakaton todellisen tilantarpeen hahmottaminen ei ole tietomallista yhtä helppoa kuin muu ympäristön hahmottaminen. Rannisto esittääkin, että alakattojen osalta malleissa pitäisi olla kaikki suurimmat kiinnikkeet ja mahdolliset tilaan vaikuttavat massat ainakin suuntaa-antavina objekteina. Ranniston mukaan alakattoon olisi myös syytä mallintaa huolto- ja puhdistusluukut siten, että ne voisivat olla mallissa joko aukkoja alakatossa tai selvästi erivärisenä objektina osana alakattoa. Tällöin malliavusteisesti pystyisi myös tarkastamaan, että ”huoltoluukun ja huollettavan kohteen välinen alue on tyhjä”. (25.)

Yhtenä jatkokysymyksenä mallien tietosisällön lisäämisestä esitettiin, onko malleja käytetty hyväksi tasapainotustilanteissa siten, että esimerkiksi suunnittelutilanteen mitoituksellisesti vaikein reitti voitaisiin visualisoida mallin kautta. Tällä hetkellä esimerkiksi MagiCAD IFC-Exporttiin ei kirjaudu niin kutsuttua Index run -tietoa, joka tarkoittaa ohjelman laskemaa vaikeinta reittiä. Rannistolla itsellään ei kuitenkaan ole kokemusta toiminnan tarpeellisuudesta. (25.)

Toisena jatkokysymyksenä esitettiin, pitäisikö ilmanvaihtokoneiden IV-koneblokkien olla ”fiksua” kuten monet muutkin MagiCADiin tuottavat laitteet. Blokit ovat tällä hetkellä muutettavissa MagiCAD-yhteensopiviksi, jotta ne kirjoittautuvat mukaan IFC-tiedostoon, mutta informaationa niillä ei ole kuin järjestelmä ja konetunnus. Kyselytutkimuksessa ja Lämpökarelia Oy:n projektipäällikkö Risto Lankisen asiantuntijahaastattelussa nousi esille, että ilmanvaihtokoneblokeille kaivattaisiin enemmän tietoja. Rannisto ja Sainio on Lankisen kanssa samaa mieltä siitä, että ainakin pattereiden, moottoreiden, sähkö- ja puhallintehojen sekä suodatintietojen pitäisi löytyä tietomallista. Informaationa niillä olisi hyötyä jo rakennusvaiheessa, mutta erityisesti siitä olisi hyötyä, mikäli mallia käytettäisiin myös ylläpitovaiheessa. (18; 25; 26.)

Aikataulusisällön viemistä talotekniikkatietomalleihin Sainio ei pidä välttämättömänä. Hän mainitsee, että rakennepuolella aikataulusisältöä käytetään tietomalleissa enemmän. Rakennemallista on esimerkiksi nähtävissä, missä vaiheessa runko tietyllä viikoilla on, jos kaikki menee suunnitelmien mukaisesti. Rannisto on puolestaan asian suhteen myönteisempi, mutta korostaa että ”olisi järkevintä, että työmaalla pystyttäisiin merkitsemään suoraan mobiililaitteella tai pad:lla malliin mitä on asennettu. Aikatauluun sidottu tapa ei välttämättä toimi kunnolla ja on herkkä muutoksille”. Rannisto korostaa, että työmaalla on tärkeä seurata asennusten toteumaa, jossa tämän kaltainen toiminto olisi eduksi. (25; 26.)

Rannisto esittää, että tietomalleista tarkastettaisiin enemmän tekniikan asennettavuutta. Hän toi esille tilanteen, jossa korkeassa alakattotilassa tekniikka kulkee kyllä törmäilemättä, mutta tekniikkaa on niin paljon päällekkäin, että sen kannakointi on työmaalla todellinen haaste. Samaan asiaan liittyy tekniikoiden väliset turvaetäisyydet. Rannisto huomauttaa, että ”mitä suurempaa tekniikka on, sitä epätodennäköisemmin se on asennettavissa, jos tekniikka on suunniteltu vierä viereen tai siten, että osa tekniikasta viistäisi toisiaan YTV2012:n sallimissakin rajoissa tilan loppuessa yksinkertaisesti kes-

ken”. Sainio puolestaan esittää, että törmäystarkastelun lisäksi tietomalleista tarkastettaisiin suojaetäisyyksiä ja esimerkiksi poistumisteiden toteutumista ahtaissa paikoissa. Rannisto lisää, että malleista tarkastettaisiin, että sieltä löytyy tarvittava määrä esimerkiksi putkistoista sulku- ja linjasäätöventtiileitä, jotta verkostojen vaikutusalueet olisivat järkeviä eikä puolta kauppakeskuksen verkostosta tarvitse sulkea huollon vuoksi. (25; 26.)

Suunnittelija työmaalla ja suunnitelmien noudatettavuus

Rannisto näkee suunnittelijoiden säännöllisen läsnäolon työmaalla tärkeänä etenemissuuntana. Ranniston mukaan projektien suunnittelijat ja työmaahenkilökunta pitäisi istuttaa samaan tilaan bigroom-työskentelypäiviin, jolloin suunnittelijat olisivat helpommin tavoitettavissa. Hän huomauttaa, että ”sähköposti on huono kommunikointiväline työmaan hektisimmässä vaiheessa, koska vastauksia pitäisi saada nopeasti”. Ranniston haastattelussa tuli myös ilmi, pitäisikö työmaalla aina asentaa suunnitelmien mukaisesti, vaikka maalaisjärjellä ajateltuna tietomallissa näkyvä asennus on kyseenalainen. (25.)

”Rajanveto on aika vaikeaa urakoitsijoille kun pitäisi tehdä kuitenkin mallin mukaan, mutta pitäisi käyttää järkeä tekemisessä. Jos urakoitsija lähtee kikkailemaan ja tekemään omia ratkaisujaan, ja se vaikuttaa sitten johonkin muuhun siten, että jotakin toista suunnitelmaa joudutaankin päivittämään tai joku muu urakoitsija joutuu tekemään jotain, niin muutoksen tehnyt urakoitsija joutuu maksamaan muutokset siitä. Tämän vuoksi urakoitsijat noudattavat malleja aika orjallisesti” (25).

Sainio on bigroom-työskentelypäivien suhteen samoilla linjoilla ja lisää, että heillä on jo arkkitehdille ja rakennesuunnittelijalle varattu tilat työmaakopeilla oloon. Sainion mukaan myös suunnitelmien asennuspoikkeamia annetaan suunnittelijalle tiedoksi jo ennen punakynävaihetta. Tällöin muutokset saattavat tulla suunnitelmiin jo seuraavassa revisiossa. Hänen mukaansa ”punakynätapa on tehoton, koska monesti urakoitsijat piirtävät punakynäkuvia urakan päätyttyä, pahimmassa tapauksessa vasta kun alakatotkin jo ovat ummessa”. Suunnittelijan säännöllinen läsnäolo työmaalla mahdollistaisi sen, että varsinaisia punakyniä ei enää tarvittaisi ja malleihin päivittyä oikea tieto, jolloin mallin potentiaali myös ylläpitovaiheen käyttöön olisi mahdollista, vaikka sitä ei erikseen tilaushetkellä olisikaan määritetty. (26.)

Ranniston mukaan I3-työmaalla on pyritty vähentämään suunnitelmista poikkeamista, jotta suunnitteluun ja yhteensovitukseen käytetty aika ei mene hukkaan. Hän korostaa

myös, että ”kaikkien työ helpottuu, kun työmaalla ei sävelletä oman mielen mukaan”. Sainio ja Rannisto ovat kuitenkin samaa mieltä siitä, että suunnitelmista poikkeaminen riippuu paljon kohteesta, mallin laadusta, tilaajasta, valvojasta ja muista urakoitsijoista. Mallista poikkeaminen on satunnaista nyt heidän käynnissä olevilla työmaillaan. (25; 26.)

Massalistat urakkalaskennan apuvälineenä

Finavian työmaalla on käytetty jonkin verran suunnittelijan toimittamia TATE-massalistoja tuotteiden tilausvaiheessa, mutta itse projektissa ei ole urakkalaskennassa massalistoja käytetty. Sainion mukaan Excel-pohjaisiin listoihin on helppo lisätä tuotteiden hinnat ja niiden avulla on helppoa pyytää laitetoimittajilta tarjouksia. Itse massalistoja ei ole työmaalla tuotettu, koska siihen ei löydy osaamista. Sainion mukaan oppiminen olisi mielekästä, kun suunnittelija hallitsisi esimerkiksi SMC:llä erilaisten massalistojen tuottamisen ja voisi olla urakoitsijan apuna niiden tuottamisessa. Sainio korostaa kuitenkin, että edistysuunta pitäisi olla sellainen, että urakoitsijoilla olisi tietomalli käytössä jo tarjouspyyntövaiheessa. Tällöin malli palvelisi massalaskennan silmin käyttötarkoitustaan parhaiten ja ohjaisi urakoitsijoita opettelemaan ohjelmistojen massalaskentaominaisuuksia. (26.)

Rannisto käyttää massalaskentaa jossain määrin omaan aikataulutussyöhön liittyen siten, että hän kertoo mallista ajetut määrät työehtosopimuksen mukaisilla tunneilla, jolloin työmääriä ja tarjouksia pystyy arvioimaan kriittisesti. Hän kuitenkin huomauttaa että ”ohjelmallisille ominaisuuksille olisi tarvetta, jotta taulukoiden päivittäminen ei olisi niin raskasta”. Perinteiseen massalistaan Rannisto näkisi hyvänä lisänä työehtosopimuksen eri töiden lisähintaprosenttien päivittymisen. LVI-toimialan työehtosopimuksen keskeisimmät urakkalaskentaan vaikuttavat lisätyöprosentit sekä esimerkit manuaalisen ja ohjelmallisen urakkalaskennan kustannuksista ja ajankäytöstä on käyty läpi esimerkein luvussa 6. (25.)

5 Tutkimustulosten analysointi

5.1 Tietomallien käyttö tutkimushetkellä

Kyselytutkimuksen ja tapaustutkimusten valossa on havaittavissa, että talotekniikan tietomallien käyttö on Suomessa varsin geometria- ja massapainotteista. Esille nousseiden tietomallien käyttötarkoitusten joukossa on varsin vähäisesti teknistä tai ohjelmallista käyttöä. Tutkimustulosten perusteella voisi päätellä, että tietomallien pääasiallinen käyttö on tällä hetkellä mallin geometrinen ominaisuuksien varassa, koska malleista tarkastellaan pääasiassa visuaalisesti joko ympäristöä tai asennustekniikkaa. Ohjelmallisuus nousee esiin lähinnä verkostomitoituksen, törmäystarkasteluiden ja määrälaskennan käyttämisessä, mikä on käytössä olevien ohjelmistojen potentiaaliin nähden varsin vähäistä. Kysely- ja tapaustutkimuksessa ilmeni selvästi, että ohjelmallisten ominaisuuksien käyttö on suurempaa suunnittelijoiden piirissä, mikä selittyy sillä, että suunnittelijoiden on yleensä hallittava käytössään olevat suunnitteluohjelmistot laadukkaiden mallien tuottamiseksi.

Talotekniikkamallien käyttöä työmaiden osalta lisäisi mallien luovuttaminen urakkalaskenta-asiakirjoiksi, jolloin urakoitsijat voisivat malleista ajaa ulos esimerkiksi massalistoja ja tutustua kohteeseen huomattavasti realistisemmin, kun hinnoitteluun saadaan ympäristö tehokkaasti mukaan. Tämä ajaisi myös urakoitsijoita entistä enemmän opettelemaan tietomallien käyttöä, mikäli he haluavat saada realistisempia tarjousasiakirjoja tuotetuksi. Todellisuudessa malleja luovutetaan ulkopuolisille todella vähän, mikäli osapuolet eivät ole keskenään sopimussuhteessa.

5.2 Talotekniikkamallien tietosisältö

Talotekniikkamallien tietosisällön lisääminen jakoi odotetusti kyselytutkimuksen vastaajien mielipiteitä. Tapaustutkimuksessa mallien kanssa työskentelevien urakoitsijatahojen mielestä informaation lisääminen olisi pelkästään positiivinen asia, kun taas kyselytutkimuksen aineistosta on havaittavissa, että osaa vastaajista arvelutti tietosisällön lisääminen, josta yhdeksi perusteeksi mainittiin tiedostokokojen suureneminen.

Kyselytutkimusvastaajien mallien käytön halukkuutta tai mallien kanssa työskentelyn osaamista on vaikea arvioida kriittisesti. Suunnittelijataustaisten vastaajien vastauksis-

ta voidaan olettaa, että mallien tietosisällön lisääminen nähdään suunnittelijan työtaakkaa lisäävänä asiana, eikä välttämättä huomioda sitä, että tietosisällön lisäämisen ei välttämättä tule sisältyä normaaleihin suunnittelijasopimukseen vaan lisäyksillä voi hyvin olla lisähinnoitteluperuste. Osa tutkimuksessa esille nousseista lisäinformaatioista on kuitenkin sellaisia, että ne pitäisi saada kiinteäksi osaksi suunnitteluohjelmistoon sisään haettavaa laitekomponenttia tai suunnitteluohjelmistoon itseensä, sillä niiden ei tule olla suunnittelijan erikseen tuotteelle koodattavia tietoja virheiden välttämiseksi. Tämän kaltaisia ominaisuuksia voisivat olla esimerkiksi päätelaitteiden RAL-värit, virtaussäätimien suojaetäisyydet, LVI- tai sähkönumero, laitevalmistajan tuotekoodit ja talotekniikkatoimialan työehtosopimuksen mukaiset lisätyöprosentit.

Erityisen mielenkiintoista oli havaita, että I3-työmaalla talotekniikkavalvoja käytti tietomallin mitoitustietoa verkostojen kriittiseen tarkasteluun ja suunnittelun ohjaukseen. Mitoitustietoa tuotetaan toisaalta malleihin välillä varsin myöhäisessä vaiheessa, sillä järjestelmät mielletään tasapainotettavaksi, kun ne on suunniteltu valmiiksi kaikkine verkostolaitteineen. Suunnittelijoiden tulisikin huomioda, että suunnitelmien kesken-eräisten osien verkostopäihin lisättäisiin arvio verkostohaaraan vielä kiinni tulevasta virtaamasta ja painehäviöstä, jotta tasapainotusta pystyttäisiin luotettavasti tekemään jo käytännössä urakkalaskentamateriaalista alkaen. Suunnittelijan tulisi lisäksi huomioda järjestelmien tasapainotus jokaisen muutoksen yhteydessä, jotta suunnitelma pysyy mitoitustiedon osalta ajan tasalla.

Erinomainen suunnittelua edistävä ominaisuus olisi, jos ilmanvaihtokoneiden blokeista saataisiin yhtä fiksuja kuin muutkin ilmanvaihtoverkoston laitteet. Käytännössä tämä tarkoittaisi laitevalmistajien suunnitteluohjelmistojen kehittämistä siihen suuntaan, että ulos kirjoittautuva tiedostomuoto olisi esimerkiksi MagiCAD-yhteensopiva, jolloin laite itsessään saataisiin haettua suoraan sisään MagiCAD-ohjelmistoon ilman välissä tapahtuvaa MagiCAD-objektiksi konvertoimista. Tällöin käyttöön saataisiin huomattavasti enemmän ominaisuuksia, joihin tietosisältöä voidaan laitevalmistajan ohjelmistosta määrittää. Suunnittelijoiden puolelta toimintaa voisi kehittää siten, että esimerkiksi Granlund Oy:n kehittämään ohjelmistoon Granlund Designeriin saataisiin integroitua toiminto, jolla ohjelma osaisi hakea näiden ilmanvaihtokoneiden osat ja niiden attribuutit tiedot suoraan sisään laitekirjastoon. Tämä säästäisi merkittävästi isoissa kohteissa suunnittelijan työtaakkaa, kun jokaista attribuuttia ei tarvitsisi erikseen laitekirjastoon koodata.

Massalaskentaa tukeva ominaisuus olisi talotekniikkakomponenttien urakkarajojen tai hankkeessa käytettävät lohkojakojen lisääminen tietomalliin. Tämä auttaisi myös työmaalla aikataulusuunnittelua, komponenttien ryhmittelyä ja erilaisten näkymien tai listojen tekemistä esimerkiksi SMC:llä. Myös urakoiden väliset urakkarajat olisivat siten hyvin yksiselitteisesti havaittavissa tietomallista vähentäen tasopiirustusten tulkinnanvaraisuutta.

Aikataulutiedon siirtyminen tietomalleihin poistaisi tiedonsiirto-ongelmia työmaan ja suunnittelijan väliltä. Ranniston näkemys talotekniikkamallien saamisesta työmaalle pad-laitteiden ja puhelinsovellusten avulla olisi erittäin hyvä kehityssuunta, mikä lisäisi tietomallien käyttöä työmailla merkittävästi, koska malli olisi helposti mukana kulkevassa muodossa. Jos aikataulusisältöinen malli pystyttäisiin saamaan aikaiseksi siten, että työmaalla asentaja pystyisi malliin merkitsemään jo asennetun tekniikan, palvelisi se erinomaisesti suunnittelijaa, mutta myös työmaan aikatauluseurantaa. Suunnittelija pystyisi myös näkemään mallista, mitä alueita ei pidä lähtökohtaisesti muuttaa, ja toimintatapoja pystyisi edelleen kehittämään siihen suuntaan, että urakoitsija pystyisi saman tien merkitsemään tietomalliin esimerkiksi kalvon muodossa suunnitelmista poikkeavat asennukset. Tällöin myös punakynävaihe siirtyisi tietomalleihin.

5.3 Talotekniikkamallien oikeellisuus ja auditointi

Koko tutkimuksen yksi keskeisin kysymys oli kartoittaa vastaajien ja haastateltavien näkemyksiä siitä, pitäisikö talotekniikan tietomalleista tarkastella jotain muutakin kuin pelkkää komponenttitörmäilyä. Malleista tarkastellaan kyllä merkittävästi komponenttitörmäilyä ja mallien auditointi mielletään helposti sellaiseksi, mutta suunnittelijoiden tekijämurroksessa on ongelma siinä, että suunnittelijoissa on merkittävästi vastavalmistuneita, eivätkä kokeneemmat suunnittelijat välttämättä osaa käyttää suunnitteluohjelmistoja, vaan suunnitteluassistentti mallintaa suunnitelman käsin tuotetun 2D-tasopiirroksen pohjalta. Tähän kaikkeen väliin jää merkittävästi tulkinnallisuutta esimerkiksi oikeasta asennettavuudesta, suojaetäisyyksistä, asennustekniikasta, teknisestä ymmärtämisestä ja suunnittelijan ammattitaidosta, koska 2D-piirustuksesta mallintava henkilö ei välttämättä ole taustaltaan suunnittelija tai nuorella suunnittelijalla ei ole kokeneemman tietotaitoa.

Toisaalta ohjelmallisen tarkastamisen voi nähdä myös työn teon tehostamisena, koska ohjelma ei tule työlle sokeaksi, kuten suunnittelija voi tulla. Ohjelmallisen tarkastami-

sen hyvänä puolena voisi siis pitää myös kustannustehokkuutta, mutta myös virheiden jäämistä suunnittelijan työpöydälle, koska virheet voitaisiin kitkeä hyvin varhaisessa vaiheessa pois suunnitelmista. Esimerkiksi huoltotilojen, poistumisteiden ja asennettavuuden kanssa on jatkuvasti haasteita toteutuksen kannalta. Huoltotilat ovat monen muun ominaisuuden kanssa yhteneviä siinä, että niitä pystyttäisiin hyvin yksinkertaisesti ohjelmallisesti tarkastamaan, kun ohjelma opetetaan ymmärtämään, mikä on huoltotila.

Anne Urrilan ja Lauri Luoman asiantuntijahaastattelussa käytiin läpi kyselytutkimuksen materiaalia ja poimittiin materiaalin joukosta tapauksia, joita päätettiin testata SMC:llä. Tapausten tarkoituksena oli löytää ja havaita Solibri Model Checker v.9.7 -ohjelmiston rajoja ja keinoja kyseisen tapauksen toteuttamiseksi. Tapaukset on esitelty luvussa 8. (20; 21.)

6 Urakkahinnoittelu ja määrälaskenta

Urakkahinnoittelua ohjaa Suomessa Rakennusliiton talotekniikkatoimialan työehtosopimus (TES), joka määrittää hankkeen tyypin, vaativuuden, olosuhteiden sekä kytkentätyyppien mukaan hankkeen normaalituntihinnat. Hankkeen tyyppillä tarkoitetaan tässä esimerkiksi uudisrakennusta tai saneerauskohtetta, mutta myös talonrakennustilaston mukaisella kiinteistön rakennustyyppillä on merkitystä hinnan määrittämisessä, mikäli haittatekijä tai työ ei välittömästi liity asennus- tai purkutyöhön, mutta kuuluvat välillisesti sovitun työn suorittamiseen. Työehtosopimus määrittää normaalituntihinnat erikseen putki-, ilmanvaihto- ja eristystöille, sekä normaalitunnit niihin liittyvien kojeiden, laitteiden, liitospaikkaleiden, säätöjärjestelmien kytkemiseen tai osien teolle. Työehtosopimuksen mukaiset osakohtaiset normaalitunnit saadaan, kun taulukoiden työtä vastaavat kappalemäärät kerrotaan esimerkiksi määräluettelosta saatavilla laitekohtaisilla kappalemäärillä, tai asennustyön metrimäärät kerrotaan materiaaleittain määräluettelosta saatavilla metrimäärillä. Näihin lisätään vielä työkohtaiset normaalituntien korotukset, urakoitsijan yleiskustannuslisä sekä kate päälle. Tämä opinnäytetyö esittelee talotekniikka-alan työehtosopimuksen mukaiset keskeisimmät pykälät, joilla on keskeinen hintavaikutus urakan kokonaishintaan. (18; 27, s. 92–149.)

6.1 Talotekniikka-alan LVI-toimialan työehtosopimus

Lämpökarelia Oy:n projektipäällikkö Risto Lankisen mukaan keskeisimmät hintavaikutukset muodostaa työehtosopimuksessa määrättyjen vaativuus- ja olosuhdelisien lisäksi erikseen kysyttävät kalliimmat verkostokomponentit. Rakennustyyppistä johtuvat putkitöiden haitta- tai saneerauslisät ovat helposti havaittavissa ja laskettavissa urakkahintaan, sillä ne on määritelty tarjousasiakirjoissa. Laskentaan toimitetuista 2D-tasopiirustuksista voi olla kuitenkin kohteesta riippuen hankala havaita olosuhdelisien piiriin kuuluvia asennuspaikkoja laskettaessa käsin urakkahintaa, mikäli kohteessa on runsaasti tekniikkaa olosuhdelisien piiriin kuuluvassa työskentelypaikassa. (18.)

Taulukossa 1 on esitetty asennustilojen ja -paikkojen olosuhdelisät putkitöiden metrinormiaikoihin. Taulukosta voidaan havaita, että matalilla ja korkeilla asennuspaikoilla, mutta myös putkimateriaaleilla ja niiden liitostavoilla on merkitystä urakkahinnan muodostumisessa. Suunnitelmien putkimateriaalit esitetään LVI-materiaalierittelyssä, mutta oikein mallinnettuna materiaalit saa myös tietomallista. Suunnitteluasiakirjoista mää-

räävä on kuitenkin LVI-materiaalierittely. Kuilujen kohdalla lattiatasona pidetään sitä tasoa josta kuiluun pystytään siirtymään. (27.)

Taulukko 1. Putkitöiden olosuhdelisät työehtosopimuksen metrinormiaikoihin (27, s. 94–106).

Putkitöiden olosuhdelisät metrinormiaikoihin	
Työskentelytila kanavassa, jonka leveys on alle 0,6 m ja syvyys yli 1,2 m	+ 25 %
Vapaan työskentelytilan korkeus 0,9 m	+ 50 %
Vapaan työskentelytilan korkeus 1,8 m	+ 25 %
Työskentelytila lattiasta tai maasta putken keskilinjaan yli 5 m	+ 25 %
Työskentelytila lattiasta tai maasta putken keskilinjaan yli 8 m	+ 50 %
Ulkoasennus (ns. ulkosillat rakennuksen ulkopuolella)	+ 25 %
Metalli- ja hitsattavien teräsputkien asennustyö kattila, lämmönjako-, pumppu- ja ilmanvaihtokonehuoneissa	+ 35 %
Kupari- ja komposiittiputkien asennustyö kattila, lämmönjako-, pumppu- ja ilmanvaihtokonehuoneissa	+ 30 %
Valurautaviemäreiden asennustyö holvin alapuolelle siten, että viemäreiden kannakointi kiinnitetään holvin alaosaan	+ 30 %
Avattavien putkielementtien vaaka-asennustyö	+ 25 %
HST- ja RST-viemäreiden asennustyö muhviiliitoksin	+ 10 %
HST- ja RST-viemäreiden tai muoviviemäreiden asennustyö holvin alapuolelle siten, että viemäreiden kannakointi kiinnitetään holvin alaosaan	+ 25 %
HST- ja RST-viemäreiden tai muoviviemäreiden asennustyö, kun viemäri on kiinnitettyä holvin betonivaluun	+ 25 %
HST- ja RST-viemäreiden tai muoviviemäreiden asennustyö, kun asennus tapahtuu alapohjan alle maahan tai ilmaan siten, että viemäreiden kannakointi kiinnitetään alapohjan ala- tai yläpuolelle	+ 35 %
Db-viemäriin asennustyö	+ 20 %
Muoviset viemärit hitsausliitoksin sisäasennuksessa	+ 30 %
Rakennuksen sisäpuolisten pohjaviemäreiden asennustyö	+ 15 %

Taulukossa 2 on esitetty ilmanvaihtotöiden olosuhdelisät työehtosopimuksen metrinormiaikoihin. Ilmanvaihtotöiden olosuhdelisillä on paljon yhteisiä elementtejä putkitöiden olosuhdelisien kanssa, mutta ne on selvyiden vuoksi esitetty omassa taulukossaan. Ilmanvaihtotöille ei ole erikseen määritelty olosuhdelisiä uudiskohteiden ja saneeraus-

kohteiden mukaan, vaan työehtosopimuksen mukaisia metrinormaaliaikoja voi pitää urakkasopimuksen pohjana siten, että saneeraustöissä sovitaan saneerauksesta johtuva haittaprosentti työntäjän ja työmaan etumiehen kesken työmaakohtaisesti. Työskentelykorkeus mitataan aina kanavan keskikorkeuteen tai asennettavan kojeen alapintaan siitä lattian, katon tai maan pinnasta, jolle asennusteline on pystytetty. Kuilujen kohdalla korkeus mitataan siitä tasosta, josta kuiluun voidaan siirtyä. (27, s. 138–139.)

Taulukko 2. Ilmanvaihtotöiden olosuhdelisät työehtosopimuksen metrinormiaikoihin (27, s. 138–146).

Ilmanvaihtotöiden olosuhdelisät metrinormiaikoihin	
Kuilulisä	+ 20 %
RST tai HST pinnoitettu materiaali	+ 10 %
Asennustyöt P1-puhtausluokkaa vaativammissa tiloissa (esim. laboratoriot)	+ 30 %
Yli 1 mm paksuisesta pellistä tehtyjen kanavien asennustyö	+ 20 %
Kanavistojen asennustyön konehuonelisä	+ 30 %
Vapaan työskentelytilan korkeus 0,9 m	+ 50 %
Vapaan työskentelytilan korkeus 1,8 m	+ 25 %
Työskentelykorkeus lattiasta tai maasta kanavan keskilinjaan yli 5 m	+ 25 %
Työskentelykorkeus lattiasta tai maasta kanavan keskilinjaan yli 8 m	+ 50 %
Ilmanvaihtokoneiden päälle asennuslisä yli 1 m ³ /s koneilla, kun ilmanvaihtokone asennetaan jonkun toisen ilmanvaihtokoneen päälle.	+ 30 %
Jäähdytys- ja talotekniikkapalkkien asennuslisä, mikäli käytössä ei ole kanavanostinta tai muuta vastaavaa apulaitetta	+ 15 %

Taulukossa 3 on esitetty LVI-alan eristystöiden olosuhdelisät työehtosopimuksen metrinormiaikoihin. Taulukon korotukset eivät koske tapauksia, joissa rakennus rakennetaan uudelleen ulkoseiniä ja vähäisiä kantavia rakenteita lukuun ottamatta (27, s. 119).

Taulukko 3. Eristystöiden olosuhdelisät työehtosopimuksen metrinormiaikoihin (27, s. 119–128).

Eristystöiden olosuhdelisät metrinormiaikoihin		
1.	Eristystyö kattila, lämmönjako-, pumppu- ja ilmanvaihtokonehuoneissa	+ 25 %
2.	Asuinrakennuskohteissa työ kun asukkaat ja/tai asukkaan irtaimisto huoneistossa	+ 26 %
3.	Asuinrakennuskohteissa työ kun huoneisto on tyhjennetty	+ 20 %
4.	Muiden kuin asuinrakennuskohteiden työ, kun rakennus on käytössä	+ 23 %
5.	Muiden kuin asuinrakennuskohteiden työ, kun rakennus on poistettu käytöstä	+ 17 %
6.	Putkien tai laitteiden eristystyö, kun alin pinta lattia- tau vastaavasta tasosta on neljä metriä	+ 5 %
7.	Eristystyökorkeuden kasvaessa neljästä metristä, asennuslisä kultakin täydeltä kahdelta metriltä	+ 5 %
8.	Käytettäessä ajettavia henkilönostimia kuuden metrin korkeudessa	+ 5 %
9.	Eristystyökorkeuden kasvaessa kuudesta metristä, kun käytetään ajettavia henkilönostimia, asennuslisä kultakin täydeltä kahdelta metriltä	+ 5 %
10.	Eristystyö kellaritiloissa tai kanavissa, joissa vapaa työskentelytila on alle 1,8 m, tai kanavassa, jonka leveys on alle 0,6 m ja syvyys yli 1,2 m	+ 25 %
11.	Eristystyö kuiluissa siten, että eristäjän on oltava kuilun hoitotasolla	+ 25 %
12.	Päällystämättömillä mineraalivillakouruilla tehty eristystyö	+ 20 %
13.	Päällystetyillä mineraalivillakouruilla tehty eristystyö uudisrakennuksissa, kun kohtia 1–11 ei sovelleta	+ 10 %
14.	Muhvillisten tai pannallisten viemäreiden eristystyö, työtapaan ei sovelleta kohtia 1–11.	+ 50 %
15.	Ohuella (enint. 0,7 mm) päällystetyt mineraalivillakourut uudisrakennuksissa, kun kohtia 1–11 ei sovelleta	+ 10 %
16.	Muhvillisten tai pannallisten viemäreiden eristystyö ohuella (enint. 0,7 mm) mineraalikourulla, työtapaan ei sovelleta kohtia 1–11	+ 25 %
17.	Mineraalivillamatoilla tehtävä eristystyö ullakoilla, joissa vapaan työskentelytilan korkeus on alle 1,8 m	+ 25 %
18.	Kuiluissa ja konehuoneissa tehtävä solukumieristys liimattuna	+ 20 %
19.	Suljettujen kuilujen ja konehuoneiden ulkopuolella tehtävä solukumieristys liimattuna	+ 20 %

Metrinormiaikojen määrittämisessä merkityksellisessä asemassa voi olla myös taloteknisten kojeiden kappalepainot. Esimerkiksi lämmönsiirrinten painoasteikko on työehtosopimuksessa määritelty välillä 100–1 500 kg, metrinormiajan ollessa 3,5–10 NH/kpl. Samalla tavalla merkityksellistä on myös ilmanvaihtokojien suuruusluokat, jotka on määritelty ilmanvaihtokoneen kuutioiden mukaan $0 \text{ m}^3/\text{s}$ – $10 \text{ m}^3/\text{s}$ koneisiin. Ilmanvaihtokoneiden metrinormiaikoihin vaikuttaa myös konekokonaisuus. Pienempiä kojeita ei pidä myöskään unohtaa, vaikkakin niiden metrinormiaika-asteikko ei olekaan yhtä suuri kuin suurten kojeiden. Esimerkiksi talotekniikkapalkeilla palkin painon mukaan metrinormiaika vaihtelee 1,5–3,9 MH/kpl. (27, s. 110, 144–146.)

6.2 Määrälaskenta

buildingSMART Finlandin talotekniikkatoimialaryhmän vuoden 2015 tehtävälistan ykkösaiheena on ollut materiaalilistojen saaminen urakkalaskennan käyttöön. Suomessa on ollut mahdollista toimittaa jo 20 vuotta määräluetteloita, mutta todellisuudessa määräluetteloita hyödynnetään edelleen vain murto-osassa hankkeita. Massalistojen toimitaminen TATE-suunnitelmista ei ole millään tavalla tekninen haaste, kun sovitaan mitä tietoa tuotetaan, millä tarkkuustasolla ja aikataululla. Määräluetteloiden suurin ongelma näyttää edelleen olevan kysymys määräluettelon sisällön vastuusta. buildingSMART Finlandin talotekniikkatoimialaryhmän laatima YTV2012 Taloteknisen suunnittelun täydentävä liite ”Määrälaskennan prosessiohje” tarjoaa tähän haasteeseen yhden vaihtoehdon: vastuun kantaa tilaaja. (28; 29, s. 6)

Määrälaskennan eri muodot

Materiaaliluetteloiden laskentakustannukset toimitilojen osalta ovat vuositasolla arviolta 5–8 miljoonaa euroa ja urakoitsijoiden määrälaskennan haitari noin 20 % todellisesta kustannuksesta. Loppukädessä rakentajat Suomessa maksavat laskentakustannukset, sillä jos urakoitsija nappaa yhden kymmenestä laskemastaan kohteesta, niin yhdeksän ohi mennyttä laskentaa maksaa voittaneen kohteen rakennuttaja. Toimitilojen taloteknisen urakkalaskennan kokonaiskustannukset vuodessa ovat noin 40–64 miljoonaa euroa, joiden säästöpotentiaali on jopa 32–51 miljoonaa eli noin 80 %. Tietomallihankkeissa määräluettelon toimittamisen edellytys YTV2012 täydentävän liitteen mukaan on vain se, että talotekniikan tietomallinnus tehdään noudattaen YTV2012 osan 4 ”Talotekninen suunnittelu” -ohjeita ja että hankkeessa mallintavat henkilöt noudattaisivat mahdollisimman samanlaisia mallinnusperiaatteita. (24; 28; 29 s. 5–6.)

Lämpökarelia Oy:n projektipäällikkö Risto Lankinen kertoi esimerkin Pohjois-Karjalan keskussairaalan viimeisimmän laajennuksen manuaalisen urakkalaskennan ajankäytöstä. Kohde on kokoluokaltaan noin kuuden miljoonan euron hanke. Lankisen mukaan ”Koko LVI-urakan ajankäyttö työtunteina on hattutuntumalla noin 240 tuntia tarkastuksineen, jolloin urakoitsijan omakustannehinnalla noin 40 euroa / tunti, saadaan kohteen urakkalaskentapyynnön hinnaksi noin 10 000 euroa. Urakkalaskennan lisäksi hintaan lisätään laitetoimittajille laadittavat tarjouspyynnöt suunnitteluvaiheessa.” Lankinen itse näkee materiaaliluetteloiden käytön hyvänä asiana ja käyttää niitä mielellään urakkalaskennan tukena: ”Massalistoista saadaan kaikki hyllytavara helposti ja urakkatarjouksen laadinnassa voidaan keskittyä suunnitelmien arvokkaimpien komponenttien ja laitteiden hinnoitteluun. Näin urakkatarjouksesta saadaan todellista vastaavampi ja urakoinnin kustannusten epävarmuustekijöitä on vähemmän”. Lankinen lisää myös, että määräluetteloiden laajempi käyttö lisäisi pienempien urakoitsijoiden mahdollisuuksia osallistua kokoluokaltaan erilaisiin urakkatarjouskilpailuihin, sillä laskennan tekeminen ei veisi niin suurta henkilökapasiteettia muilta töiltä. (18.)

Myös Granlund Consulting Oy:n johtava asiantuntija Sari Linna otti haastattelussaan massalaskennan esimerkiksi Pohjois-Karjalan Keskussairaalan laajennuksen. Linnan mukaan ”Ohjelmallinen massalaskenta IFC-tiedostoista vie alkuun enemmän aikaa kun ohjelma opetetaan siihen muotoon, että se tukee laskentaa pakettirekisterin puolella. Esimerkiksi Pohjois-Karjalan keskussairaalan laajennuksen urakkalaskentaan meni nykyisellään noin viikko”. Lankisen ja Linnan esimerkkien mukaan urakkalaskenta tehtiin ohjelmallisesti Granlund Consulting Oy:n toimesta 84 % prosenttia nopeammin kuin kilpailuun osallistuvan urakoitsijan toimesta. (19.)

Linnan mukaan Granlund Consulting Oy:n tehtävä määrälaskennassa on olla luottamuksellinen ja ulkopuolinen taho, kun urakkahintaa halutaan arvioida. Asiakkaalle ulkopuolisen tahon tekemä määrälaskenta toimii arviona urakan hintatasosta. Linna korostaa, että tarkoitus ei ole antaa asiakkaalle suurinta tai pienintä hintaa, vaan tavoitella tarjouspyyntöjen kustannusten keskialuetta. Linnan mukaan urakkalaskennan keskeisenä elementtinä ovat urakoitsijoiden katteet ja laitevalmistajilta saatavat alennukset. Urakoitsijoiden alennuksia Linna ei saa laitevalmistajilta ja korostaakin, että tekemisessä tulee olla mukana kunnioitus urakoitsijoita kohtaan. (19.)

Ohjelmallinen määräluettelo

Tietomallipohjaisissa hankkeissa ohjelmallinen määräluettelo korvaa määrien manuaalisen mittaamisen piirustuksista ja siten tehostaa määrälaskentaa merkittävästi. Määriä voidaan laskea niin järjestelmämalleista kuin yhdistelmämallistakin, mutta kuitenkin huomioiden ettei samaa asiaa lasketa useasta eri suunnittelualan mallista. Tietomallipohjainen määrälaskenta muuttaa määrälaskijan työtä aivan uudella tavalla, sillä rutiinityö vähenee ja laskijan ammattitaidon vaatimus kasvaa tehden määrälaskijasta ennemminkin määräasiantuntijan. Tietomallipohjainen määrälaskenta ei ratkaise kaikkia määrälaskentaan liittyviä kysymyksiä, eikä mallista pystytä laskemaan kaikkia hankkeen aikana tarvittavia määrätietoja. Määräasiantuntijan ammattitaitoa tarvitaan laskennan lähtötietojen ja lähtöluetteloiden arvioinnissa, laskennan kattavuuden varmistamisessa, vaihtoehtotarkastelussa, tulosten jäsentämisessä ja lopputuloksen kriittisessä arvioinnissa. Määrälaskennan vaatimukset rakennuksen tietomalleille on määritetty Yleisten tietomallivaatimusten osassa 7 ”Määrälaskenta”. (30, s. 5.)

YTV2012 osan 4 täydentävä liite ”Määrälaskennan prosessiohje” puolestaan määrittelee, että määrälaskenta onnistuu tarkoituksenmukaisella tavalla, kun tietomallintamisessa on noudatettu YTV2012 osan 4 ohjeita. YTV2012 osa 7 täydentää, että tietomallipohjaisen määrälaskennan silmin tärkein vaatimus on, että malli on tehty johdonmukaisesti ja käytetty mallinnustapa dokumentoidaan tietomalliselosteeseen, sillä hankaluuksia aiheuttavat tilanteet, joissa suunnitteluratkaisua ei ole mallinnettu vaatimusten mukaisesti tai se on jopa mallinnettu eri tavalla mallin eri osissa. (30, s. 6.)

Sari Linna on samoilla linjoilla YTV2012-ohjeen kanssa, sillä hänen mukaansa riittävä tarkkuustaso saavutetaan YTV2012-ohjeilla mallinnettaessa ja lisää, että laskijana heidän täytyy luottaa suunnittelijan tehneen malleilleen omatarkastuksen. Linna pitää tärkeänä, että mallien mukana toimitetaan aina saate, jossa mallien taso on arvioitu suunnittelijan toimesta ja mahdolliset poikkeavuudet tai huomiot on kirjattuna saatteeseen selkeästi. Linna kuitenkin tietää kertoa myös haasteista ja ongelmista tietomallipohjaisessa määrälaskennassa. Esimerkiksi suuri käytännön ongelma vesikalusteiden kanssa on, että ne eivät ole aina välttämättä linjassa vesi- ja viemärihuonelaiteluettelon kanssa ja tietoa joutuu manuaalisesti korjaamaan. Hän lisää myös, että putki- ja viemärimateriaaleissa näkee eroja malleissa materiaalerittelyyn nähden ja painottaakin, että ohjelmallisessa määrälaskennassa on tärkeää tuntea suunnitteluprosessi, jotta malleista nähtävää informaatiota pystyy myös kriittisesti arvioimaan. (19.)

Tietomallipohjaisessa määrälaskennassa tekniikkaosat raportoidaan yleensä suunnittelijan määrittämällä ominaisuuksilla tarpeenmukaisesti jaoteltuna. Raportti tuotetaan suunnitteluohjelmistojen ominaisuuksia käyttäen tai siirtämällä IFC-tiedostossa oleva informaatio Excel-muotoon. IFC-tiedostosta saadaan materiaalit lukuisilla eri tavoilla jaoteltuna Excel-muotoon esimerkiksi SMC:llä. Suunnitteluohjelmistojen toimintoja ja ominaisuuksia esitellään tarkemmin luvuissa 7 ja 8. Varsinaista tietomallipohjaisesti tuotetun Excel-muotoisen määräluettelon linkittämistä urakoitsijoiden käyttämiin pakettirekistereihin on esitellyt esimerkiksi Markus Kitunen ammattikorkeakoulun lopputyössään ”Tietomallipohjainen LVI-kustannuslaskenta”. Tämä opinnäytetyö ei paneudu yhtä syvällisesti Excel-muotoisen määräluettelon linkittämiseen osaksi urakkalaskentaohjelmistoja. (30, s. 14; 31.)

7 Ohjelmistot

Suomessa käytössä olevista suunnitteluohjelmistoista tunnetuimpia ovat MagiCAD ja CADS. Molemmat ohjelmistot pystyvät tuottamaan perinteisten 2D-suunnitelmien lisäksi 3D-malleja ja määrälaskentaa. MagiCAD-ohjelmistosta on yhteensopivat sovellukset Autodeskin AutoCAD- ja Revit-ohjelmistojen päälle, joista tällä hetkellä yleisemmin käytössä oleva sovellus on AutoCAD-ohjelman päällä toimiva MagiCAD. Tämä opinnäytetyö keskittyy AutoCAD-ohjelman päällä toimivaan MagiCADiin, koska se on tällä hetkellä Granlund Oy:n pääasiassa käyttämä LVI-suunnitteluohjelmisto. Suunnittelun apuohjelmistoista tässä opinnäytetyössä keskitytään Solibri Model Checker -ohjelmiston toimintoihin. Tämän opinnäytetyön kannalta oleellimmat MagiCADin toiminnot ja ominaisuudet on esitetty kappaleessa 7.1 ja Solibri Model Checkerin keskeisimmät toiminnot ja ominaisuudet kappaleessa 7.2. (3; 32.)

7.1 MagiCAD

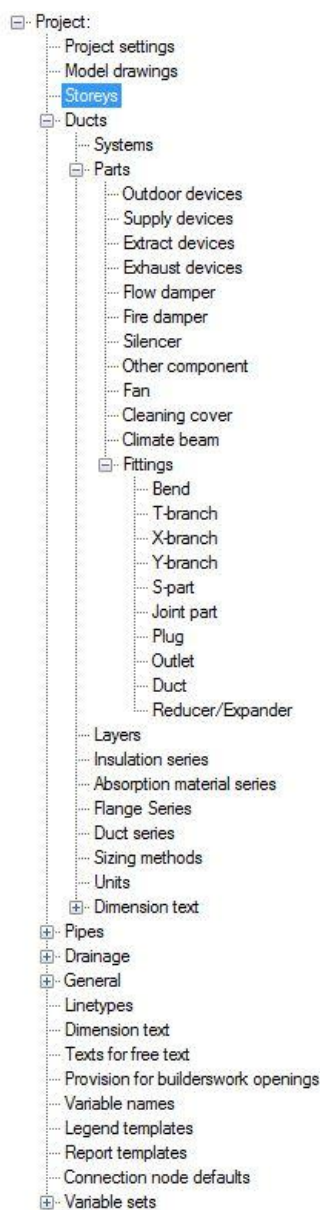
MagiCAD on Progman Oy:n kehittämä LVIS-ohjelmisto, joka toimii Autodeskin kehittämien AutoCAD ja Revit-ohjelmien päällä. Progman Oy on osa kansainvälistä Glodon Group -konsernia. MagiCAD-ohjelmistoa ja muita Progman Oy:n tuotteita myydään yli 70 maahan. Progman ylläpitää myös verkkopohjaista MagiCloud LVIS-tietomallikirjastoa, jossa on ladattavissa yli miljoona 3D-tekniikkatuotetta AutoCAD -tai Revit-ohjelmistossa toimivaan MagiCADiin. Progmanin mukaan MagiCloudin tuotteet sisältävät tarkat mitat ja kattavat tekniset tuotetiedot MagiCADissa tehtäviä teknisiä laskentoja varten, mutta se sisältää myös pelkkiä 3D-objekteja. Kuvassa 13 on esitetty MagiCAD-ohjelmiston logo. (33.)



Kuva 13. MagiCADin logo (33).

MagiCAD-tietokanta

MagiCAD-ohjelmiston sydämenä toimii ohjelman projektitietokanta, joka koostuu kolmesta erillisestä tiedostosta. Epj-päätteinen tiedostomuoto sisältää projektin määrittelyt, qpd-päätteinen tiedosto kaikki projektiin valitut tuotteet ja lin-päätteinen tiedosto projektiin määritellyt viivatyypit. Tietokantaan lisätään tuotteita valittujen komponenttityyppien alle tietokoneelta qpd-päätteisinä tiedostoina tai suoraan ohjelman sisältä MagiCADin pilvipalvelusta. Kuvassa 14 on esitetty erään projektin projektipuu, jossa on esimerkkinä kanavisto-osien eri komponenttitasot. (34.)



Kuva 14. MagiCAD tietokannan tasohierarkia.

Kun tasohierarkiassa mennään järjestelmä-, osa-, tai verkostolaitetasolle, voidaan tietokantaan määrittellä kyseiselle komponentille halutut arvot ja määritteet. Kuvassa 15 on esimerkiksi esitetty projektitietokantaan tuotetta haettaessa määriteltävissä olevat arvot. Tässä kohtaa tuotteelle yleensä määritellään vähintään UserCode sekä ProductVariable, mutta tässä kohtaa voidaan lisätä komponentille myös esimerkiksi hyperlinkki. UserCode on käyttäjän määrittämä tuotetunnus, joka on sama tunnus kuin esimerkiksi LVI-huonelaiteluetteloon koodattavilla laitteilla, ja kun ProductVariable-kenttään kirjoitetaan sama lyhenne kuin UserCode-kenttään, MagiCAD osaa tehdä kaikille saman tunnuksen ja saman ilmanvaihtojärjestelmän palopelleille oman tason. Tasohierarkiaa käytetään suunnittelun apuna, mutta sen avulla pystytään myös ryhmittelemään komponentteja. (22, 34.)

Variable	Value
Product variable	PP1
National code	
HyperLink	http://www.flaktwoods.fi/products/air-...
P1	
P2	
P3	
P4	
P5	
P6	
P7	
P8	
P9	
P10	
P11	
P12	
P13	
P14	
P15	

Kuva 15. Tuotteen haku ja käyttäjätietojen määrittäminen MagiCAD projektitietokantaan.

Kun tietoa sijoitetaan kuvassa 15 esitettyihin kenttiin, tieto siirtyy jokaiselle kyseiselle tuotteelle riippumatta esimerkiksi sen koosta tai järjestelmästä. Kun tuote halutaan yksilöidä, suunnitelmaan asetetulle tuotteelle voidaan asettaa tarkempia arvoja (kuva 16). Yleisin käytössä oleva yksilöivä kenttä on Description-niminen kenttä, johon esimerkiksi yksilöivät eli LVI-laitekirjastoon koodattavat tuotteet nimetään. Projektissa ei siis saa olla samalla tunnuksella olevaa toista tuotetta. Yksilöivät tuotteet ovat rakennuksen ylläpidon aikana huollettavia kohteita. (34.)

Property	Value
Part type	Fire damper
System	C41 310PK01 "Poisto, Taustaja sos. tilat"
Storey	Taso +22.75
Center of part	H = 4775.0
Product	PP1 "ETCE-0125-03-2"
Manufacturer	Räkt Woods
Connection size	125
Node number	102
Flow	15 l/s
dptot	1.3 Pa
ptot	-26.9 Pa
Velocity	1.2 m/s
Status	Not defined
Product variable	PP1

LABELS

Description: C41 310PP17.4.5

UserVar 1:

UserVar 2:

UserVar 3:

UserVar 4:

Object ID: ☐ Override

Properties... Size... Change RI Ok Cancel

Kuva 16. Palopellin ominaisuudet.

Projektissa käytettäviä putki- tai kanavamateriaaleja pystyy vapaasti lisäämään tai muokkaamaan MagiCAD-tietokannassa. Kuvassa 17 on esitetty erään projektin tietokantaan luodut materiaalit. Kun projektissa mallinnetaan LVI-materiaalierittelyn mukaisilla materiaaleilla, saadaan määräluetteloista paikkansa pitäviä eikä suunnitteluasiakirjojen välillä ole ristiriitoja. Tässä projektissa on määriteltä myös erikseen savunhallintakanavat, jolla projektin savunhallintakanavistot on mallinnettu. Kanavistoja mallinnettaessa tulee huomioida, että esimerkiksi savunhallintakanavia ei ole saatavilla yhtä laajalla kokoalikoimalla kuin tavallista sinkittyä kantikanavaa. Projektissa määriteltiin savunhallintakanaville ne koot, joita valmistaja pystyy toimittamaan CE-merkittynä ja EN 12101-7 standardin mukaisesti testattuna käytettäväksi savunhallintakanavajärjestelmissä. Savunhallintakanavien lisäksi merkityksellistä esimerkiksi määräluetteloiden kannalta on, että keittiöiden rasvakanavat mallinnetaan kanavalla, jonka seinämänpaksuus on 1,25 mm. (18, 34.)

UserCode	Description
PK FeZn	Pyöreä kanava FeZn
SK FeZn	Suorakaidekanava FeZn
PK FeZn	Pyöreä kanava FeZn Lindab
PK HFe	Pyöreä kanava HFe
TP FeZn	Teräsputkikanava, sinkitty FeZn
TP HFe	Teräsputkikanava HFe
KP1 M	Keskuspölynimuri
TP BIT	Teräsputkikanava, bitumoitu
PK Al	Pyöreä kanava Al
SK RFe	Suorakaidekanava RFe
PK RFe	Pyöreä kanava RFe
PK s=1.25	Pyöreä, keittiöpoisto
SK HFe	Suorakaidekanava HFe
SK Al	Suorakaidekanava Al
SK s=1.25	Suorakaide, keittiöpoisto
TP RFe	Teräsputkikanava RFe
TP Fe+m	Teräsputkikanava Fe+maalau
SK FeZn	Suorakaidekanava FeZn Lindab
000019	
SK E600 120	Suorakaide, savunhallintakanava
PK E600 120	Pyöreä, savunhallintakanava

Kuva 17. Ilmanvaihtokanavien materiaalit.

Ilmanvaihtokanavatyyppille määriteltävissä olevat ominaisuudet ja arvot on esitetty kuvassa 18. MagiCADin terminologia on välillä ristiriitainen, koska esimerkiksi kuvassa 18 näkyvä kanavatyyppin Description ei ole sama asia kuin kuvassa 16 näkyvä palopellin Description. Kanavamateriaalille voidaan määrittää siis esimerkiksi kuvaus, käyttäjän nimeämä lyhenne ja materiaali. MagiCAD-tasapainotuksen kannalta oleellinen arvo on kanavamateriaalin karheus eli kuvassa 18 kenttä "k", joka tavanomaisilla peltikanavilla on yleensä 0,15. (22, 34.)

MagiCAD V&P - Duct Series

General

ID: 000021

k: 0.15000

Description: Pyöreä, savunhallintakanava

UserCode: PK E600 120

National code: E600

Material: PK E600 120

Object ID format: -

Connection type code:

Flange series: - Default -

☐ Only selected flange type allowed

☐ Flexible duct

Duct Sizes

Size	Bend R/D	Fit on len	Extra len
100	1.00	10	15
125	1.00	10	15
160	1.00	10	15
200	1.00	10	15
250	1.00	10	15
315	1.00	10	15
400	1.00	10	15
500	1.00	10	15

Products

Part type	User ...	Product	Shape	Subtype
-----------	----------	---------	-------	---------

Ok Cancel

Kuva 18. Ilmanvaihtokanavatyyppin ominaisuudet.

MagiCAD Export (Bill of Materials)

MagiCAD Bill of Materials on toiminto, jolla MagiCADin kautta pystytään ajamaan ulos joko oletusmuotoinen massalista (kuva 20) tai erikseen ominaisuusarvoiltaan määritetty luettelo (kuva 21).

Kuvassa 19 on esitetty Bill of Materials -toiminnon aloitusikkuna, jossa on sen valintojen asemointi:

1: Selection set – Projektiin on tallennettavissa tietynlainen oletusvalinta tai oletusvalintoja, joilla valinta voidaan jatkossa tehdä valitsemalla kyseinen selection set. Selection set voi sisältää esimerkiksi eri järjestelmiä, piirustuksia tai kriteereitä.

2: SystemGroups list – Tässä valitaan ne järjestelmätyypit, jotka massalistassa halutaan huomioida. Esimerkiksi ilmanvaihto tai lämmitys- ja jäähdytys.

3: Area – Massalistaan voidaan valita vain tietty alue tai tasopiirustus. Mikäli projekti on liitetty MagiCAD Room -projektiin, massalistojä pystyy ajamaan ulos myös valitsemalla tietyn huoneen tai kaikki tietyn kerroksen huoneet.

4: Show model drawings from current folder only – Mikäli massalistaan halutaan valita vain siinä kansiossa olevat tiedostot mistä Bill of Materials toiminto on avattu, valitaan tämä. Mikäli massalistaan halutaan ajaa tai valita tasoja myös projektissa kiinni olevista tiedostoista jotka ovat eri kansioissa, jätetään tämä valitsematta.

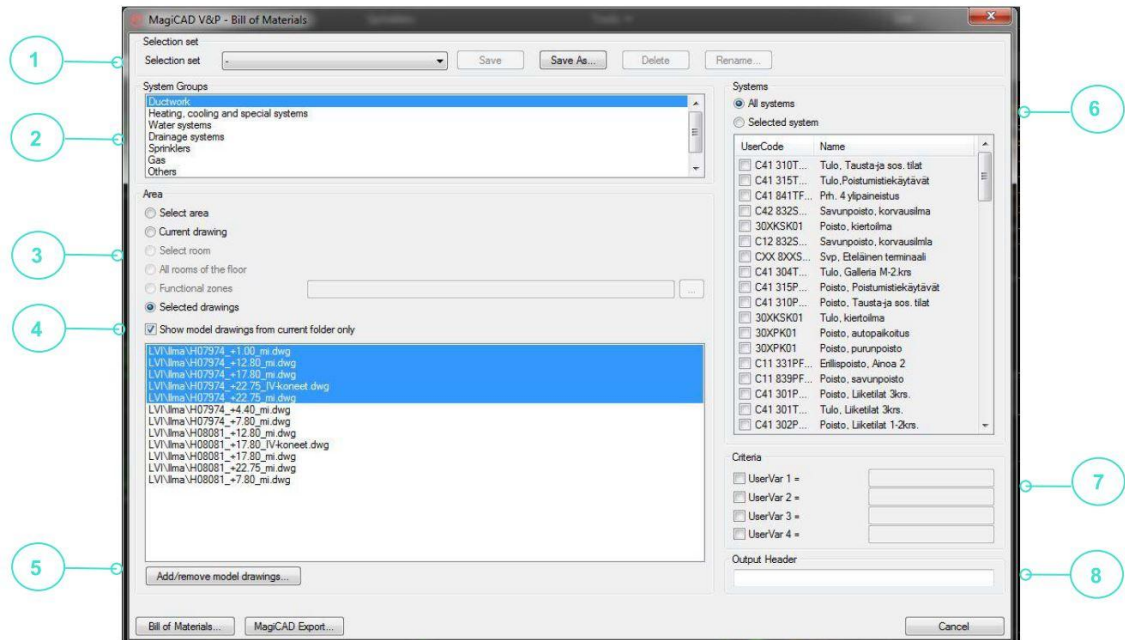
5: Add/Remove model drawings – Kun tämä valitaan, massalistaan voidaan hakea tiedostoja myös muista kansioista. Haettavien tiedostojen on oltava kytkettynä samaan projektitietokantaan ja niiden on löydyttävä connection node-listasta (kerrosten välisten virtaamaliitosten lista).

6: Systems option – Tästä valikosta valitaan mukaan ne järjestelmät, jotka massalistaan halutaan ajaa mukaan. Huomionarvoista on jättää massalistan ulkopuolelle esim. tietyt detaljijärjestelmät, tai ne järjestelmät jotka LVI-suunnittelija mallintaa vain tilanvarauksena. Tällaisia järjestelmiä voivat olla esimerkiksi putkiposti- ja keskuspölynimuri-järjestelmät.

7: Criteria – Materiaaliluettelo on ajettavissa ulos käyttäjän valitsemilla kriteereillä. Kriteerit ovat määräävässä asemassa, mikäli niitä on asetettu, eli ohjelma lukee mukaan vain ne komponentit, joilta määritetty kriteeri löytyy UseVar 1 - UseVar 4 -kentistä. UseVar on arvo, joka määrittää jokaiselle komponentille yksilöllisesti joko MagiCAD Part Properties- tai Change Properties -toimintoja käyttäen. Komponentin UseVar kentät näkyvät kuvassa 16. Kriteerit on MagiCADin massalistan ajamisen ainoa ominai-

suus, jolla komponentteja voidaan tarkemmin ryhmitellä jos massalista halutaan ajaa ulos tarkemmin kuin kuva -tai järjestelmätasolla.

8: *Output Header* – Määritellään massalistalle ylätunnistee, joka kirjoittautuu massalistan otsikoksi. (34.)



Kuva 19. MagiCAD Bill of Materials -työkalu.

Class	Size	Series	Product	N	L[m]	Insul. A [m2]	s[mm]
Insulation/Duct	100	L20	Lämpöeriste 20mm		2.0	0.86	20
Insulation/Duct	160	L20	Lämpöeriste 20mm		2.1	1.31	20
Insulation/Duct	160	L50	Lämpöeriste 50mm		43.1	35.22	50
Insulation/Duct	200	L20	Lämpöeriste 20mm		49.9	37.61	20
Insulation/Duct	200	L50	Lämpöeriste 50mm		42.1	39.68	50
Insulation/Duct	250	L20	Lämpöeriste 20mm		37.0	33.71	20
Insulation/Duct	250	L50	Lämpöeriste 50mm		2.0	2.17	50
Insulation/Duct	315	L20	Lämpöeriste 20mm		136.1	151.75	20
Insulation/Duct	315	L50	Lämpöeriste 50mm		23.8	31.04	50
Insulation/Duct	400	EI120	Paloeriste EI120		0.8	1.46	100
Insulation/Duct	400	L20	Lämpöeriste 20mm		4.7	6.45	20
Insulation/Duct	400	L50	Lämpöeriste 50mm		63.8	100.22	50
Insulation/Duct	500	EI120	Paloeriste EI120		0.8	1.70	100
Insulation/Duct	500	EI60	Paloeriste EI60		2.0	4.25	80
Insulation/Duct	500	L20	Lämpöeriste 20mm		3.5	5.86	20
Insulation/Duct	500	L50	Lämpöeriste 50mm		95.3	179.64	50
Insulation/Duct	630	L20	Lämpöeriste 20mm		5.7	11.98	20
Insulation/Duct	630	L50	Lämpöeriste 50mm		182.6	418.84	50
Insulation/Duct	800	EI120	Paloeriste EI120		64.7	203.31	100
Insulation/Duct	800	L20	Lämpöeriste 20mm		6.6	17.36	20
Insulation/Duct	800	L50	Lämpöeriste 50mm		214.3	605.80	50
Insulation/Duct	800	Ä50P	Äänieriste 50mm + pellitys		5.9	16.63	50
Insulation/Duct	1000	L20	Lämpöeriste 20mm		0.8	2.45	20

Kuva 20. MagiCADsta ulos ajettava oletusmuotoinen massalista.

Siinä missä MagiCAD Bill of Materials osaa ryhmitellä komponentteja samalle riville yhdeksi massaksi, tarkempi ja muokattavampi MagiCAD Export ei osaa. MagiCAD Export voidaan ajaa ulos samaa Bill of Materials työkalua käyttäen kuvassa 19 esitetyillä

valinnoilla tai kriteereillä, mutta MagiCAD Exportin kautta luetteloita voidaan tehdä yksilöllisempään muotoon ja valinta voidaan kohdistaa komponenttitasolle. Kuvassa 21 on esitetty MagiCAD Exportin toiminnot ja valikot:

1: *Configuration* – Kaikki tehtyt kokoonpanot tallentuvat tähän Configuration-tiedostoon ja se voi sisältää useita eri kokoonpanoja. Kokoonpanossa määritellään valitut attribuutit ja sarakkeet jotka vientitiedostoon kirjoittautuvat.

2: *Include these parts* – Valitaan objektityypit jotka haluat ottaa mukaan vientitiedostoon.

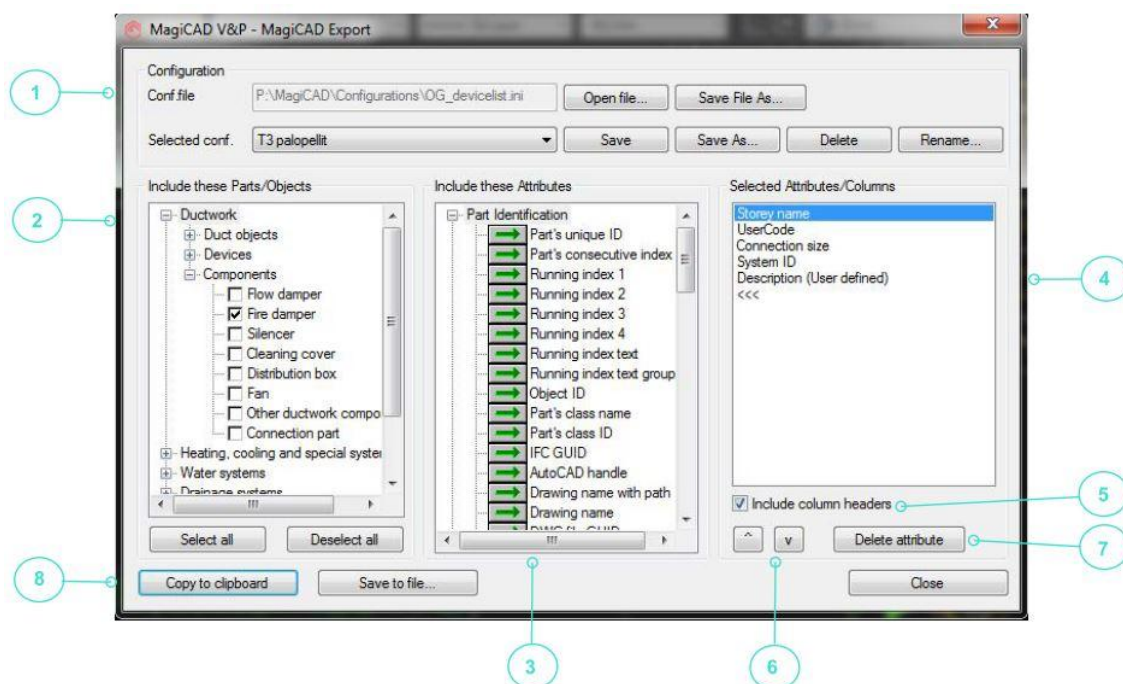
3: *Include these Attributes* – Valitaan ne attribuutit, jotka halutaan ottaa mukaan vientitiedostoon. Vihreää nuolta klikkaamalla valittu attribuutti siirtyy mukaan vientitiedostoon.

4: *Selected Attributes* – Kaikki valitut attribuutit näkyvät tässä valikossa.

5: *Include column headers* – Valitaan, kun valitun attribuutin nimi halutaan vientitiedostoon sarakkeen yläotsikoksi.

6: *Ylös/Alas* – Valittujen attribuuttien järjestystä voi muokata näillä nuolinäppäimillä.

7: *Delete attribute* – Poistaa valitun attribuutin vientitiedostosta. (34.)



Kuva 21. MagiCAD Export-työkalun ominaisuudet.

MagiCAD Export toimii hyvin suunnittelun apuna, sillä sieltä voi ajaa ulos esimerkiksi kaikkien ilmanvaihtojärjestelmien palopellit (kuva 22) tai ilmastuslaitteet. Määräluetteloiden ajamiseen se ei sovellu, koska ohjelma ei osaa ryhmittää samanlaisia komponentteja samalle riville, jonka vuoksi esimerkiksi SMC on huomattavasti käyttäjäystävällisempi, koska sillä voi muokata määräluettelosta haluamansa näköisen. Solibri Model Checkerin toimintoja on esitelty luvussa 7.2.

Storey name	UserCode	Connection size	System ID	Description (User defined)
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311TK01	C41 311PP15.M.2
M-taso +1.00	PP1	100	C41 311TK01	C41 311PP15.M.1
M-taso +1.00	PP1	100	C41 311PK01	C41 311PP17.M.1
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311PK01	C41 311PP17.M.2
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311PK01	C41 311PP17.M.3
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311TK01	C41 311PP15.M.3
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311PK01	C41 311PP17.M.4
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311TK01	C41 311PP15.M.4
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311PK01	C41 311PP17.M.5
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311TK01	C41 311PP15.M.5
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311TK01	C41 311PP14.M.1
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311PK01	C41 311PP18.M.1
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311PK01	C41 311PP18.M.3
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311TK01	C41 311PP14.M.3
M-taso +1.00	PP1	100	C41 311TK01	C41 311PP15.M.6
M-taso +1.00	PP1	125	C41 311TK01	C41 311PP14.M.2

Kuva 22. MagiCAD-Export työkalulla tuotu Excel-pohjainen luettelo palopelleistä.

MagiCAD ominaisuusjoukot (Propertysets)

Suomessa ei vielä ole käytössä koko rakennusalan yhtenäistä IFC-tiedonsiirtonimikkeistöä. Nimikkeistöä on kehitetty kevään 2017 aikana Eveliina Vesalaisen tekemässä Diplomityössä ”Tietomallipohjaiset nimikkeistöt taloteknisen mallin vakioinnissa”. Vesalaisen laatiman diplomityön pohjalta syntynyt buildingSMART Finlandin vakiointitaulukko on tämän opinnäytetyön kirjoitushetkellä julkisella kommenttikierroksella ja vakiointia on tavoitteena kehittää kommenttikierroksen aikana saadun palautteen perusteella. Vakiointityön tavoitteena on yhdenmukaistaa IFC-tiedostossa näkyviä ominaisuusjoukkoja attribuuttien ominaisuuksien mukaan. Kokonaisuudessaan vakiointimäärittäminen tullaan julkaisemaan Yleisten tietomallivaatimusten päivitysversiona. (35 s. 51–52, 61.)

Tällä hetkellä käytössä olevat ominaisuusjoukot ovat MagiCADin omia ja niitä on yhteensä 42 kappaletta (taulukko 4). Kaikki ominaisuusjoukot eivät kirjoittaudu jokaiselle MagiCAD-objektille, vaan MagiCADin Propertyset manager -toiminnolla määritellään, mikä ominaisuusjoukko liittyy mihinkin komponenttiin. IFC-tiedostoa tarkasteltaessa nähdään siis kullakin tuotteella tai komponentilla vain siihen liittyvät ominaisuusjoukot.

Taulukko 4. MagiCAD ominaisuusjoukot.

MagiCAD ominaisuusjoukot	Kuvaus
Pset_ProvisionForVoid	ifc 2x3 property set reikäobjekteille
Pset_DistributionBox	Ominaisuusjoukko kokojakammioille (Distribution Box)
Pset_Duct	Ominaisuusjoukko kanaville
Pset_CustomPart	Ominaisuusjoukko mukautetuille osille
Pset_AirTerminal	Ominaisuusjoukko ilmanvaihdon pääte-laitteille
Pset_Outlet	Ominaisuusjoukko lähtökappaleille
Pset_Elbow	Ominaisuusjoukko kulmille
Pset_Joint	Ominaisuusjoukko liitinyhde
Pset_TBranch	Ominaisuusjoukko T-haaroille
Pset_XBranch	Ominaisuusjoukko X-haaroille
Pset_Reduction	Ominaisuusjoukko supistuskappaleille
Pset_Sewer	Ominaisuusjoukko viemäreille
Pset_SprinklerPipe	Ominaisuusjoukko sprinkler-putkelle
Pset_Heating	Ominaisuusjoukko lämmityksen meno-putkelle
Pset_Heating	Ominaisuusjoukko lämmityksen paluuputkelle
Pset_Water	Ominaisuusjoukko kylmävesiputkille
Pset_Water	Ominaisuusjoukko lämminvesiputkille
Pset_Water	Ominaisuusjoukko kiertovesiputkelle
Pset_Plug	Ominaisuusjoukko tulppauksille
Pset_NBranch	Ominaisuusjoukko N-haaroille
Pset_Valve	Ominaisuusjoukko linjasäätöventtiileille
Pset_Valve	Ominaisuusjoukko patteriventtiileille
Pset_Valve	Ominaisuusjoukko sulkuventtiileille
Pset_Valve	Ominaisuusjoukko muille venttiileille
Pset_FlowDamper	Ominaisuusjoukko säätöpelleille
Pset_FireDamper	Ominaisuusjoukko palopelleille
Pset_Silencer	Ominaisuusjoukko äänenvaimentimille
Pset_DuctComponent	Ominaisuusjoukko kanavalaitteille

Pset_Fan	Ominaisuusjoukko puhaltimille
Pset_CleaningCover	Ominaisuusjoukko puhdistusyhteille
Pset_SewerComponent	Ominaisuusjoukko viemärikomponenteille
Pset_SewerDevice	Ominaisuusjoukko viemärlaitteille
Pset_PipeDevice	Ominaisuusjoukko putkilaitteille
Pset_PipeComponent	Ominaisuusjoukko putkikomponenteille
Pset_Sprinkler	Ominaisuusjoukko sprinklerille
Pset_WaterDevice	Ominaisuusjoukko vesilaitteille
Pset_Manifold	Ominaisuusjoukko jakotukeille
Pset_Radiator	Ominaisuusjoukko pattereille
Pset_ExternalWell	Ominaisuusjoukko pihakaivoille
Pset_Heat Exchanger	Ominaisuusjoukko lämmönvaihtimille
Pset_GasComponent	Ominaisuusjoukko kaasukomponenteille
Pset_GasDevice	Ominaisuusjoukko kaasulaitteille

buildingSMART Finlandin kehityshankkeessa ominaisuusjoukkojen määrä supistetaan seitsemään eri ominaisuusjoukkoon komponentille tai laitteelle kirjoittautuvan tiedon mukaan. buildingSMART Finlandin näkemys ominaisuusjoukoista on esitetty taulukossa 5. Kommenttikierroksella olevasta vakiointitaulukosta voidaan nähdä, mikä tieto kullekin talotekniikkakomponentille kuuluu mihinkin ominaisuusjoukkoon.

Taulukko 5. buildingSMART Finlandin kommenttikierroksella olevat ominaisuusjoukot (35, s. 51).

BuilindSMART Finlandin ominaisuusjoukot	Kuvaus
bSF_Location	Ominaisuusjoukko sijainnille
bSF_Installation	Ominaisuusjoukko eristyksille
bSF_Product	Ominaisuusjoukko tuotteille
bSF_Technical	Ominaisuusjoukko teknisille ja funktionaalisille arvoille
bSF_Physical	Ominaisuusjoukko fysikaalisille arvoille
bSF_Maintenance	Ominaisuusjoukko ylläpitoon
bSF_General	Ominaisuusjoukko yleisille ominaisuuksille

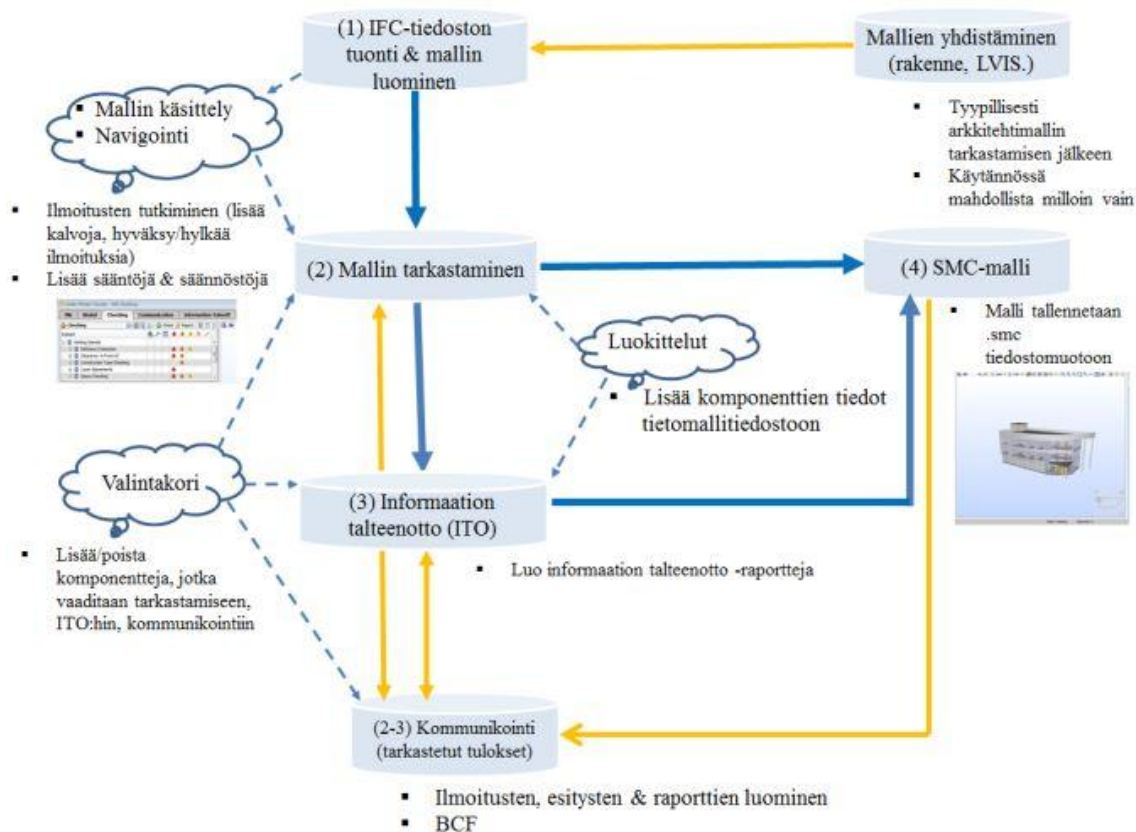
7.2 Solibri Model Checker

2000-luvun taite on ollut ohjelmistokehityksessä vilkasta aikaa, sillä silloin kehitettiin ja luotiin yhteisiä standardeja ja toimintatapoja ohjelmistomallinnuksessa. Syntyneet standardit mahdollistivat laaduntarkastelun eri aloilla aivan uudella tavalla. Tähän laaduntarkasteluun luonnollinen kehityskohde kohde oli rakennusala, sillä kustannuksia ja materiaalien hävikkiä pystyttiin vähentämään uusilla innovatiivisilla ideoilla. Solibrin ideoiden pohjalta perustettiin vuonna 1999 yritys, joka tarkasti ja analysoi rakennusalan suunnitelmia. SMC tarjoaa rakennushankkeille visualisoinnin lisäksi yhteentörmäysten ja puutteiden tarkastamista paljastaen mallien heikkouksia. SMC:llä pystytään tuottamaan vapaavalintaisessa muodossa olevia erittäin tarkkoja materiaaliuutteloita ja se helpottaa ylläpidon aikaisessa rakennuksen huollossa ja visualisoinnissa. Solibri toimii yli 70 maassa ja on vuoden 2015 lopusta tullut osaksi Nemetschek-konsernia. Solibrin pääkonttori sijaitsee Helsingissä, mutta sillä on toimistoja myös Yhdysvalloissa, Englannissa, Saksassa ja Espanjassa. (36; 37.)



Kuva 23. Vasemmalla Solibri Model Checker-ohjelman logo ja oikealla Solibri-yrityksen logo (38).

Kuvassa 24 on esitetty SMC:n eri toimintojen liittymät toisiinsa. SMC-malliin haetaan eri suunnittelualojen IFC-tiedostoja, joita SMC tulkitsee ja tarkastaa. Tarkastuksen lisäksi SMC:tä käytetään paljon mallien visualisointiin, mallissa surffaamiseen, projektin eri tietojen ja attribuuttien ryhmittelyyn, ja tiedon hakemiseen esimerkiksi käyttäen SMC:n Luokittelu -tai Informaation Talteenotto (ITO, Information Takeoff) -työkalua. Tässä opinnäytetyössä esitellään SMC:n toiminnoista Luokittelut, ITO ja Säännöstöt, sillä ne liittyvät olennaisesti luvun 8 kehitystyötapauksiin.



Kuva 24. Solibri Model Checkerin työkalujen liittymät toisiinsa (39).

Luokittelut

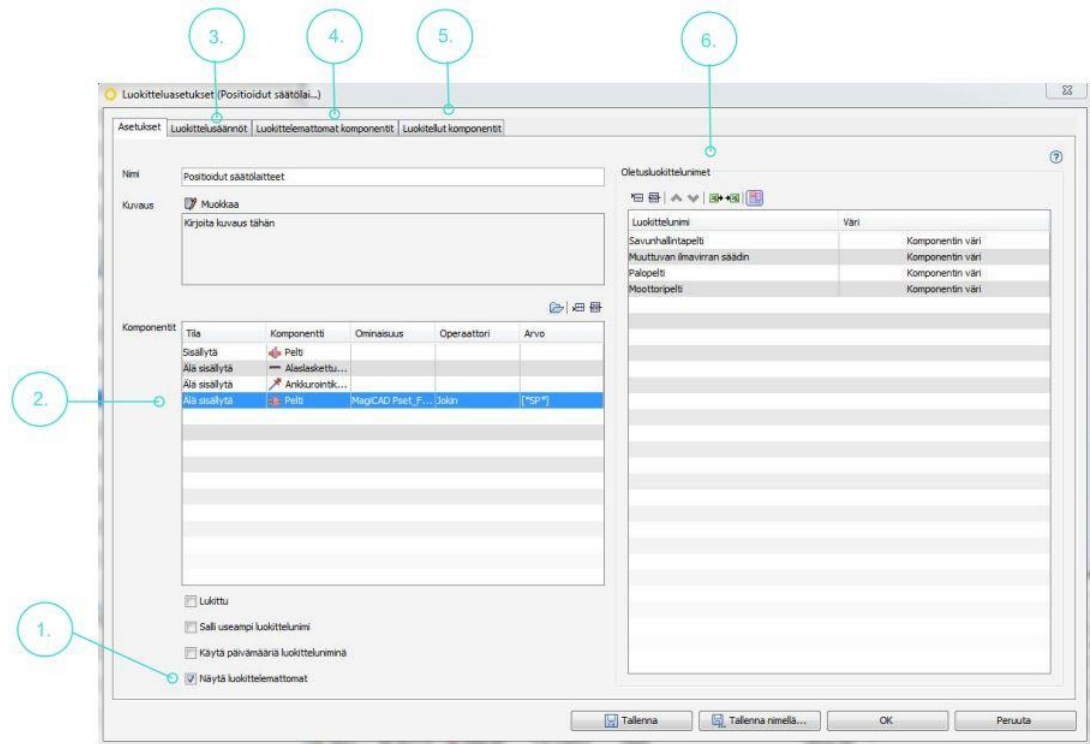
SMC:n yksi monipuolisimmista toiminnoista on komponenttien luokittelutyökalu. Luokitteluja käyttäen komponentteja voidaan ryhmitellä yleisesti käytettyihin tai standardisoi-
tuihin luokkiin tai toisten samanlaisten komponenttien kanssa. Luokitteluita voidaan käyttää myös kun tietyille komponenteille halutaan lisätä käyttäjän määrittämiä ominai-
suuksia, joita voi olla esimerkiksi nykyiset, olemassa olevat tai uudet rakennettavat komponentit. SMC-malli sisältää muutaman luokittelun oletuksena ja osa niistä latautuu automaattisesti kun IFC-tiedostosta luodaan SMC-malli. Automaattisesti latautuvat luo-
kittelut riippuvat käyttäjän valitsemasta roolista mallia avattaessa. Luokittelut tallentuvat aina automaattisesti SMC-malliin, johon ne on luotu, mutta omat luokittelut voidaan myös tallentaa käyttäjän antamaan tallennuspaikkaan ja ne voidaan siten ottaa käyt-
töön ja avata myös muissa SMC-malleissa. (40.)

Ennen luokittelusääntöjen luomista luokitteluun sisältyvät komponentit suodatetaan eri ominaisuuksien perusteella. Suodatinominaisuutena voi käyttää esimerkiksi komponentin identiteettitietoa, sijaintia, määrää, toista luokittelua, ominaisuusjoukkoa tai kom-

ponentin relaatiota (komponentin liittymistieto toisiin komponentteihin). Edelleen itse luokittelusääntöä luodessa vastaavilla ominaisuuksilla pystytään hakemaan suodatettavia komponentteja. Kun luokittelulla halutaan tarkastaa tietomallien ominaisuuksia tai arvoja, voidaan valita, että luokittelu näyttää myös luokittelusäännön ulkopuolelle jäävät komponentit, jolloin nähdään kaikki ne komponentit jotka suodattimen perusteella kuuluvat luokitteluun, mutta itse luokittelusääntö ei osaa ryhmitellä kyseisiä komponentteja kuuluvaksi luokitteluun. Tällöin luokittelemattomat komponentit voidaan käydä läpi ja tarkastaa, täyttävätkö ne esimerkiksi mallinnusohjeet. (40.)

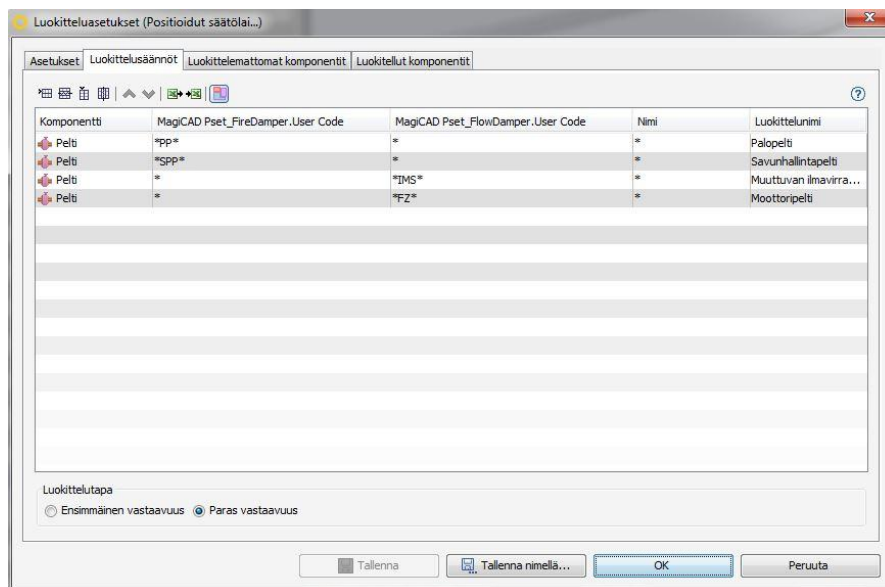
Kuvassa 25 on esitetty luokittelusääntöjen asetusikkuna esimerkkiluokittelulle ”Ilmanvaihdon säätimet ja palopellit”, joka listaa kaikki ilmanvaihdon säätölaitteet ja palopellit tyypeittäin:

- 1: *Näytä luokittelemattomat* – kun tämä valitaan, ohjelma näyttää luokittelemattomat komponentit.
- 2: *Komponenttien suodatus* – tähän määritellään komponenttien suodattimet.
- 3: *Luokittelusäännöt* – tälle välilehdelle luodaan luokittelusäännöt.
- 4: *Luokittelemattomat komponentit* – tältä välilehdeltä voidaan tarkastaa onko luokittelun ulkopuolelle jäänyt komponentteja.
- 5: *Luokitellut komponentit* – tältä välilehdeltä voidaan tarkastaa kaikki luokitellut komponentit.
- 6: *Oletusluokittelunimet* – tähän määritellään luokittelunimet joita halutaan käyttää.



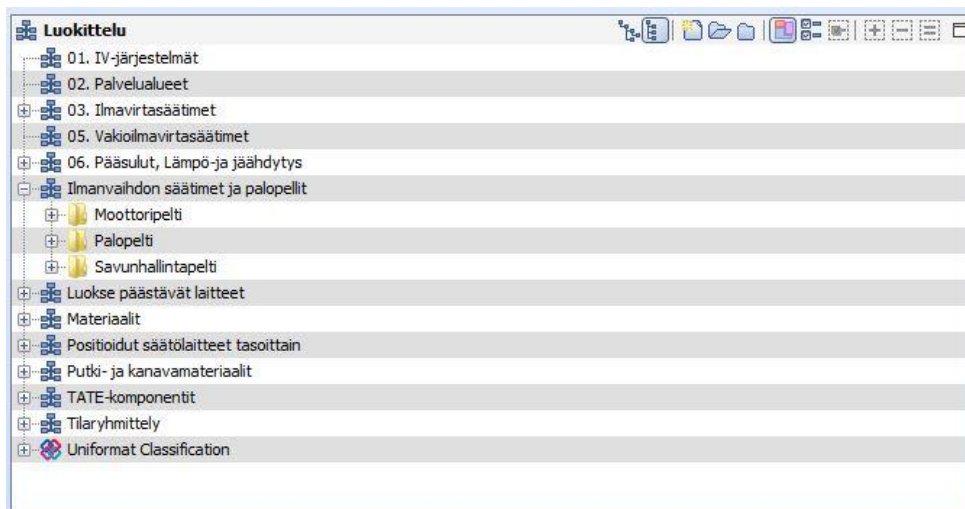
Kuva 25. Luokitteluasetusten asetusikkuna.

Luokittelusäännöt esimerkkinsäännöstölle on esitetty kuvassa 26. Sääntö listaa pellit ja säätimet, joiden MagiCAD ominaisuusjoukon UserCode-kentästä löytyy määritelty tunnus "PP" (palopelti), "SPP" (savunhallintapelti), "IMS" (ilmavirtasäädin) tai "FZ" (moottoripelti). Luokittelunimi määräytyy kuvassa 25 näkyvän oletusluokittelunimen mukaan.



Kuva 26. Luokittelusäännöt esimerkkiluokittelulle "Ilmanvaihdon säätimet ja palopellit".

Luokitteluja voidaan käyttää rinnan säännöstöjen ja ITO-kuvausten kanssa ja käyttäjä pystyy muokkaamaan valmiita luokitteluja tai tekemään kokonaan uusia, mutta on huomioitava, että säännöstöihin linkitetyt luokittelut vaativat aina myös säännöstön vastaavien nimien ja parametrien päivityksen ja tarkastamisen. Luokittelut löytyvät oletuksena informaation talteenottonäkymästä, mutta luokitteluikkuna voidaan avata myös muihin näkymiin tai käyttäjäkohtaiseen näkymään. Valmis tarkastettu esimerkkiluokittelupuu ”Ilmanvaihdon säätimet ja palopellit” on esitetty kuvassa 27. (40.)

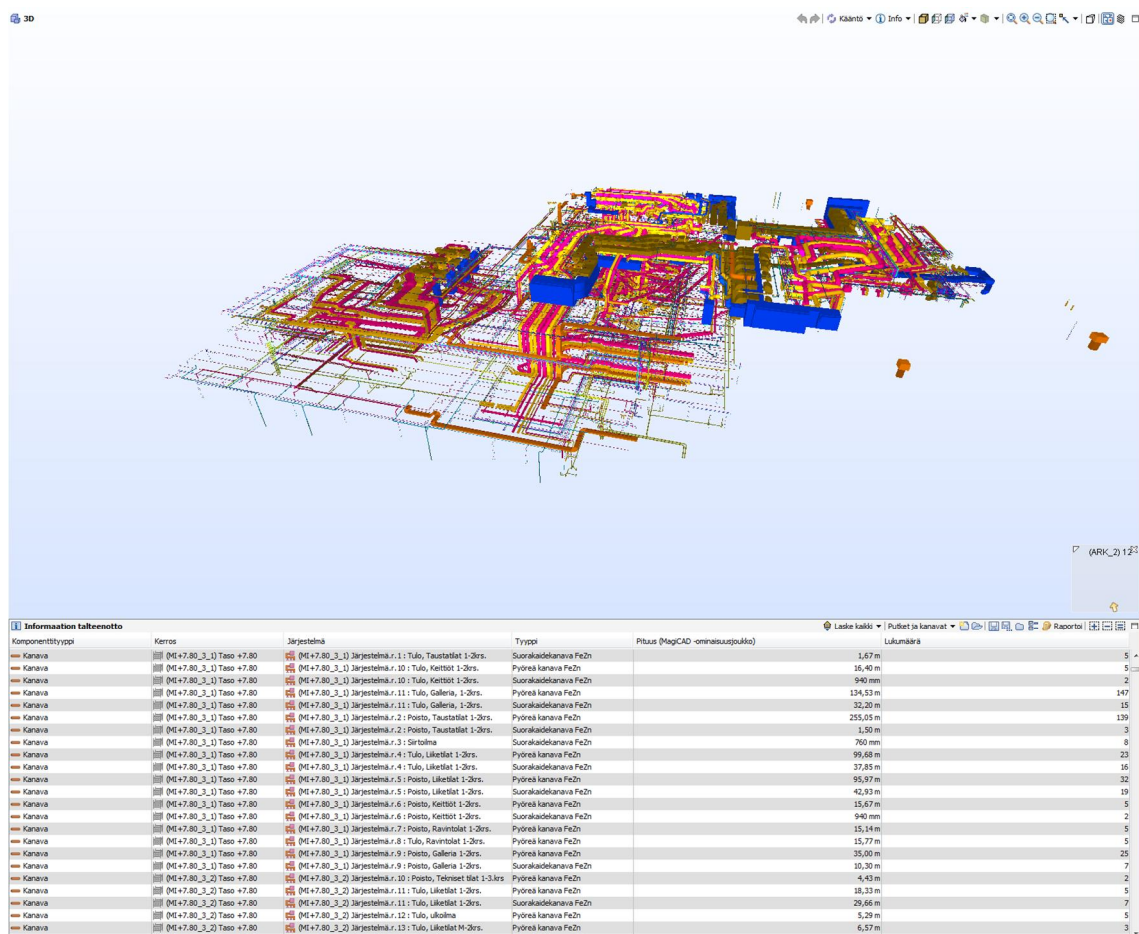


Kuva 27. Valmis luokittelu ”Ilmanvaihdon säätimet ja palopellit”, sekä Solibri Model Checkerin luokittelun yleisnäkymä.

Informaation talteenotto

Informaation talteenoton tarkoituksena on hakea ja koota tietomallissa olevaa tietoa eri tarkoituksiin. SMC:ssä on valmiiksi asetettuja ITO-taulukoita, jotka latautuvat käyttäjän valitseman roolin perusteella mallin käsittelyn alkaessa. Usein ITO-taulukoiden luomiseen yhdistetään luokittelu tiedon tehokkaampaa käsittelyä varten. ITO-taulukkolaskennan pystyy tekemään koko mallista tai osamallista kun hyödynnetään malli- tai komponenttipuuta ja valintakoria. Laskennan tulokset visualisoituvat 3D-näkymään. Kuvassa 28 on esimerkki ITO-taulukosta, joka laskee SMC:ssä sisällä olevista IFC-tiedostoista putkien ja kanavien metrimäärät. ITO:n ymmärtämisen kannalta on tärkeää huomioida, että esimerkiksi kuvan 28 taulukossa koko projektin massoja ei pysty yhdistämään samalle riville, jos IFC-tiedostoa ei ole ajettu siten, että jokaisen kerroksen järjestelmämallit on ajettu yhteen tiedostoon. Kuvan 28 projektissa järjestel-

määmallit on ajettu kerroksittaisiin IFC-tiedostoihin YTV2012 ohjeen mukaisesti, joten komponentit ryhmittyvät kerroksen ja järjestelmän mukaan. (40.)




Kuva 28. Esimerkki Informaation talteenotto -kuvauksesta, joka listaa talotekniikkamallien putket, putkisovitukset, kanavat ja kanavasovitukset määrineen. Tulokset visualisoituvat 3D-näkymään ITO:n yläpuolelle.

Kuvassa 29 esimerkkinä olevassa informaation talteenottokuvauksessa ”Putket ja kanavat” on määritelty ITO-kuvaukseen kuuluvaksi kaikki putket, putkisovitukset, kanavat, kanavasovitukset, venttiilit ja virtaussegmentit. Komponenttien valitsemisen lisäksi määritellään ryhmitelläkö komponentit sarakkeiden mukaan vai halutaanko jokainen komponentti omalle rivilleen, tämä toiminto erottaa informaation talteenoton olennaisella tavalla aiemmin esitellystä MagiCAD Export-työkalusta. Viimeiseksi ITO-kuvaukselle voidaan määritellä tehtäviä, jotka tulee olla tehtynä ennen kuvauksen käyttöä. Esi-merkkitaupauksessa ITO:n toiminnan varmistamiseksi on määritelty, että ”Tietomallitoimituksen tarkastus” -sääntö tulee olla tarkastettuna ja läpikäytynä ennen kuvauksen käyttöä. ITO:a on myös mahdollista käyttää ilman, että tehtävä on suoritettu. (40.)

Informaation talteenotto -kuvaus








Nimi: Putket ja kanavat

Kuvaus:  Muokkaa

Tämä Informaation talteenotto -kuvaus raportoi putkien ja kanavien mittoja. Komponenttien mitat löytyvät eri ominaisuuksissa tai ominaisuusjoukoissa riippuen työkalusta, jolla IFC-tiedosto on tehty. Ennen laskentaa on syytä tarkastaa, että sarakkeet hakevat mitat oikeista paikoista.


☒ Rivitys ryhmittelevien sarakkeiden mukaan
☐ Jokainen komponentti omalle rivilleen

Rajoittaa Informaation talteenotto -kuvauksen näihin komponentteihin

Komponentti	Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä		Putkisovitus			
Sisällytä		Virtaussovitin			
Sisällytä		Kanavasovitus			
Sisällytä		Kanava			
Sisällytä		Venttiili			
Sisällytä		Putki			
Sisällytä		Virtaussegmentti			

Lista tehtävistä, jotka pitää tehdä saadakseen luotettavia tuloksia.

Tehtävä

 Tarkasta ja käy läpi 'Tietomallitoimituksen tarkistus - Talotekniikka'

OK Peruuta

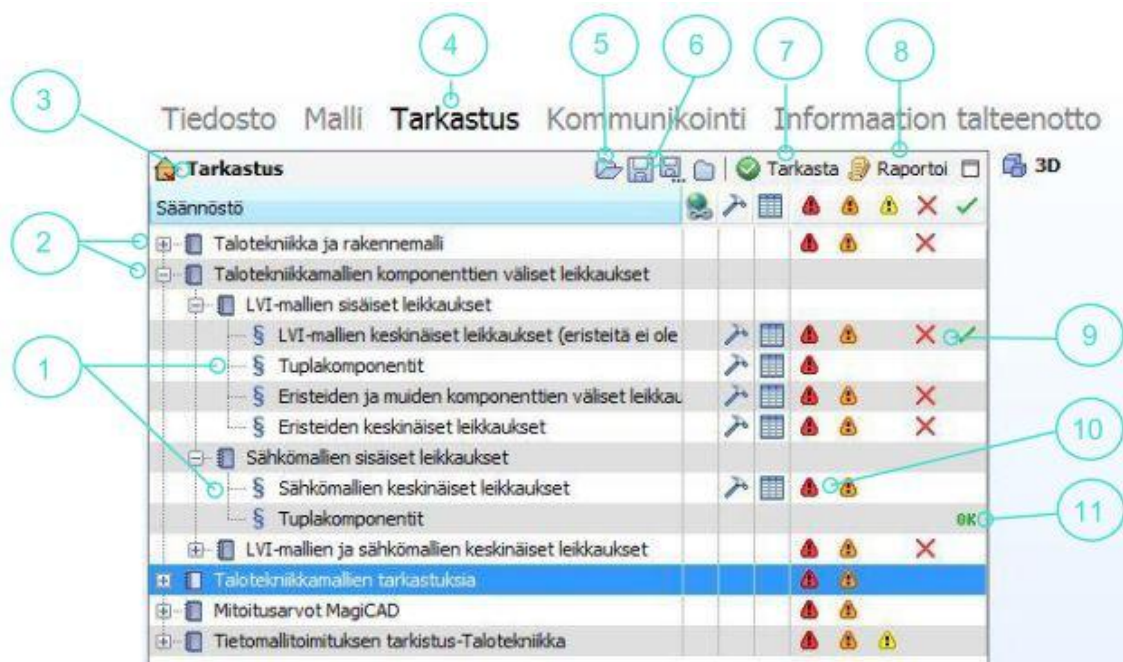
Kuva 29. Informaation Talteenotto -kuvauksen asetuskikuna.

SMC sisältää valmiita Excel-pohjia, joihin informaation talteenottokuvaukset voidaan raportoida. Mikäli käyttäjä haluaa, Excel-pohjat on myös muokattavissa käyttäjän omia tarpeita vastaavaksi tai käyttäjä voi luoda uusia mallipohjia raporteilleen. (40.)

Säännöt

SMC:ssä on lukuisia erilaisia tarkastussäännöstöjä, joita voidaan käyttää projektin eri vaiheissa erilaisiin tarkoituksiin. Säännöstöjä voi avata SMC-malliin Tarkastusnäkyssä. Kun säännöstö avataan, käyttäjän tulee valita rooli, jonka jälkeen SMC tarjoaa valittuun rooliin yhdistettyjä säännöstöjä tarkastettavaksi. Käyttäjällä voi olla usean eri roolin alta avattuna säännöstöjä SMC:n tarkastusnäkyssä. Kuvassa 30 on havainnollistettu SMC:n tarkastustoimintoa:

- 1: *Sääntö* – Esimerkkejä SMC:n säännöistä.
- 2: *Säännöstö* – Esimerkkejä SMC:n säännöstöistä.
- 3: *Tarkastus-näkymä* – SMC:n näkymä, johon tarkastettavat säännöt haetaan
- 4: *Tarkastus-asemointi* – SMC:n asemointi, jossa on auki oletuksena kaikki tarkastamiseen tarvittavat oleelliset ikkunat.
- 5: *Avaa* – Tästä avataan halutut säännöstöt (rooli kysytään mikäli sitä ei ole valittu).
- 6: *Tallenna* – Tästä voidaan tallentaa valitut säännöstöt. Yksittäistä sääntöä ei voi erikseen tallentaa.
- 7: *Tarkasta* – Tämä toiminto käynnistää tarkastusnäkyssä auki olevien säännöstöjen tarkastamisen.
- 8: *Raportoi* – Tästä voidaan raportoida halutut tulokset vakavuusparametrien, hylätyjen tai hyväksytyjen ilmoitusten, tai sääntöraportin mukaan Excel-, RTF-, tai PDF-tiedostoksi.
- 9: *Käsitellyt ilmoitukset* – Tässä näkyy, että esimerkiksi säännön ”LVI-mallien keskinäiset leikkaukset (eristeitä ei ole huomioitu)” -ilmoituksia on käsitelty ja niitä on hylätty ja hyväksytty.
- 10: *Säännön ilmoitusten vakavuusparametrit* – SMC jakaa ilmoitukset vakavuutensa mukaisiin vakavuusparametreihin, joita on kriittisen tason, keskitason ja matalan tason ilmoitukset. Tuloksia voi myös suodattaa näillä parametreilla.
- 11: *Hyväksytyt säännöt* – Sääntö on tarkastettu hyväksytysti, eikä siinä ole ilmoituksia.



Kuva 30. Solibri Model Checkerin Tarkastus-näkymä ja Tarkastus-asemointi.

Tarkastetun säännön tuloksia käydään läpi SMC:ssä tulokset-näkymässä, jossa niitä voi suodattaa eri tavoin ja ne on mahdollista visualisoida 3D-näkymään esimerkiksi valintakorin tai leikkauslaatikon avulla. Säännön tuloksista voi tehdä myös kalvoja, jotka on myöhemmin haettavissa tarkastusraporttiin SMC:n Kommunikointi-asemoinnille tai tulokset on visualisoitavissa erilaisten informaation talteenottokuvausten avulla. Säännön tulosten visualisointia valintakorin ja ITO-kuvauksen avulla on esitelty kehitystyötapauksessa 9, kappaleessa 8.9.

Osana SMC:tä on myös tarkastussääntöjen muokkaus- ja laadintakäyttöliittymä Ruleset Manager (RSM), jossa tarkastussääntöjä pystyy muokkaamaan tai tarkastelemaan. Ruleset Manager sisältää säännöstöhakemistoja ja sääntökirjastot Solibri Accessibility Rules ja Solibri Common Rules. Solibri Common Rules kirjasto sisältää SMC:n tuetut yleiset säännöt ja Solibri Accessibility Rules sisältää esteettömyyteen liittyviä sääntöjä.

Säännöstöjen muokkaaminen tai luominen tapahtuu Ruleset Managerin työtilä-näkymässä (kuva 31) ja säännöstön tai yksittäisen säännön tietoja voidaan muokata Info-näkymässä, mikäli kyseinen sääntö on valittuna työtilä-näkymässä. Olemassa olevia sääntöjä tai säännöstöjä voi kopioida luotavan säännön pohjaksi joko sääntökirjastosta tai säännöstöhakemistosta. Sääntökirjastossa olevat säännöt ovat sääntöpohjia ja säännöstöhakemistossa näkyvät säännöt ovat valmiita tarkastussääntöjä. Säännöstöille on määriteltävissä tehtäviä, jotka tulee suorittaa ennen säännöstön tarkastamista ja ne voidaan myös määrittää itsekonfiguroituviksi (gate keeper), joka tarkoittaa sitä, että jokin toinen sääntö tai säännöstö tulee olla läpäistynä hyväksytysti ennen säännön tarkastamista. Tällöin varmistutaan siitä, että sääntö toimii tarkoituksenmukaisella tavalla eikä odotettavissa ole virheitä. (40.)

8 Kehitystyötapaukset ja niiden tulokset

Solibri Inc. tuotepäällikkö Anne Urrilan, sekä asiakastuen LVI-taustaisen tukihenkilön Lauri Luoman kanssa päädyttiin testaamaan kyselytutkimuksessa esille nousseita kehitysideita käytännössä Solibri Model Checkerin versiolla 9.7. Solibri Inc. kanssa pidettiin kaksi palaveria, joissa keskusteltiin mahdollisista Solibri Model Checkerin haasteista ja sovittiin, että Urrila tekee tapausten perusteella esimerkkisäännöt, joita testataan oikean hankkeen LVI-malleille. Jokainen testattu tapaus käyttää Solibri Model Checkerin ja MagiCADin toimintoja, joita tässä opinnäytetyössä esiteltiin luvussa 7.

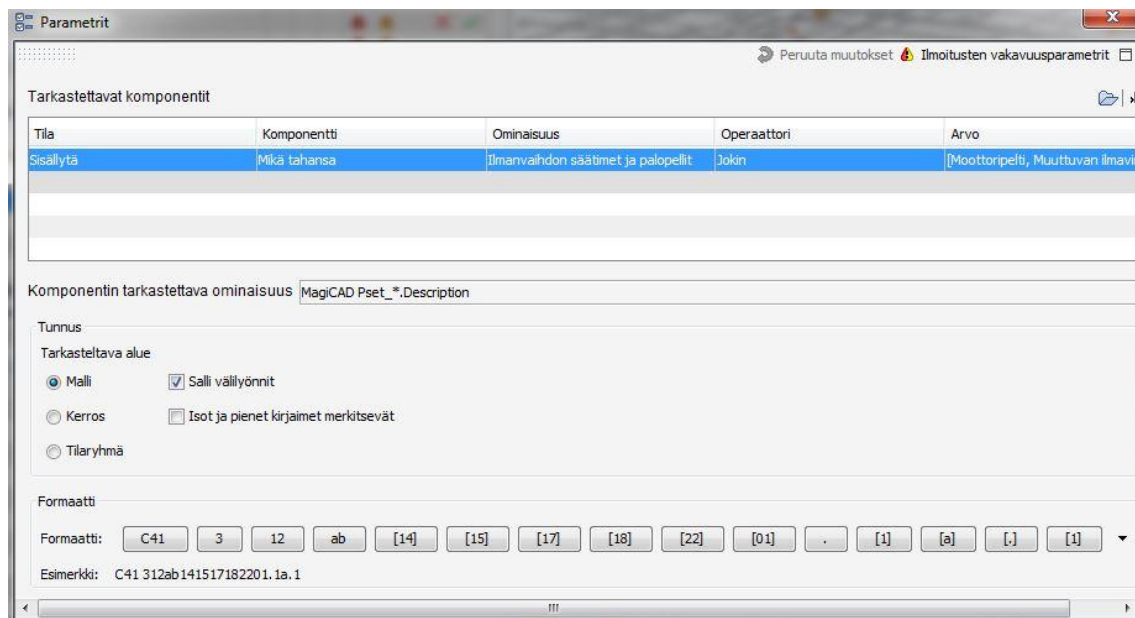
8.1 Tapaus 1: ”IV-komponenteilla tulee olla yksilöivä tunnus”

Tapaus 1 valittiin tarkasteltavaksi, sillä kyselytutkimuksessa havaittiin talotekniikkamalleja käytettävän positoiden tarkastamiseen, mutta myös toivottiin, että malleista voitaisiin ohjelmallisesti tarkastaa attribuuttien tietosisällöstä löytyykö positiot määrätyn laisilta objekteilta ja ovatko ne oikeassa muodossa. Tapausta lähdettiin testaamaan perustamalla tarkastussääntö SMC:n sääntökirjastosta löytyvällä säännöllä #21: ”Komponenteilla pitää olla yksilöivä tunnus”. Sääntö tarkastaa, että kaikilla halutuilla objektityypeillä on yksilöivä tunnus ja että tunnukset ovat halutussa muodossa. (20, 21.)

Säännössä tarkasteltavia komponentteja varten luotiin luokittelu, joka listaa kaikki SMC-mallissa olevat yksilöivät ilmanvaihdon ilmapirtasäätimet, moottori-, palo-, ja savunhallintapellit. SMC määrittelee IFC-tiedoston kirjoitusmuodosta kaikki ilmanvaihdon säätölaitteet pelleiksi, sääntö tarkastaisi ilman luokittelua myös esimerkiksi kertasäätöpellit, joille ei määritellä yksilöivää tunnusta. Säännön käyttämää luokittelua käytettiin luvussa 7.2 Luokittelu-työkalun esimerkkinä. Sääntöön rakennetun luokittelun luokitteluasetukset on esitetty luvussa 7.2 kuvassa 25. Sääntöön määriteltiin lisäksi tarkastettava ominaisuus, joka valittiin komponentin MagiCAD Description-kentästä luettavaksi, sillä siihen yleensä suunnittelija määrittää yksilöivän tunnuksen.

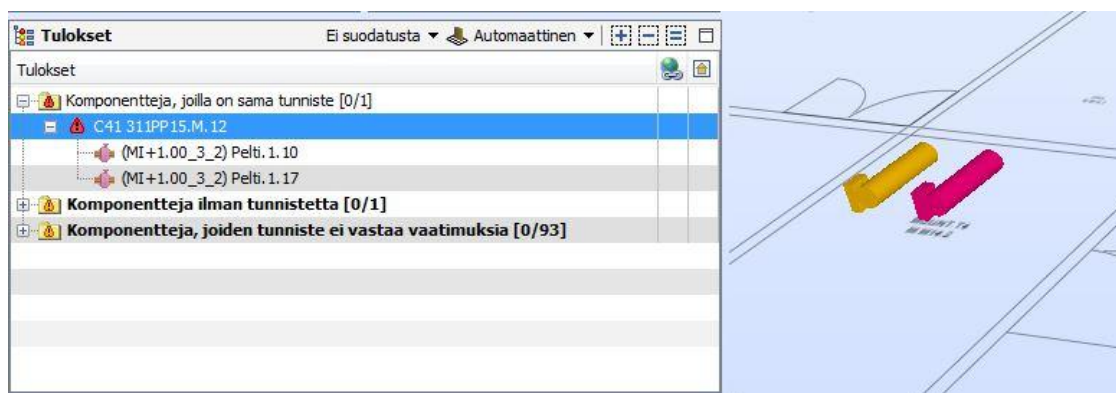
Sääntöön syötetään formaatti, jossa tarkastettava tekstimuoto Description-kentästä tulee löytyä (kuva 32). Formaatti koostuu tekstimuotoisista vakiovaatimuksista, numeerisista numeroarvovaatimuksista, sekä tekstivaatimuksista joiden kirjainmerkkimäärät on rajattu. Lisäksi osa parametreista on määritelty valinnaisiksi, mikä tarkoittaa sitä, että SMC tarkastaa formaatin järjestyksessä vasemmalta oikealle, että Description-

kentästä tulee löytyä jokin määritellyistä, keskenään valinnaisista arvoista. Kuvassa 32 esimerkiksi keskenään valinnaiset lukuarvot ovat 14, 15, 17, 18, 22 ja 01, jotka tulevat palopellissä käytettävän numerojärjestelmän mukaan. Esimerkiksi 14 viittaa vyöhykekohtaiseen tuloilmakanavan peltiin ja 17 tilakohtaiseen poistoilmakanavan peltiin.



Kuva 32. Parametrit säännölle "IV-komponenteilla tulee olla yksilöivä tunnus".

Tarkastetun säännön tuloksina saadaan "Komponentteja, joilla on sama tunniste", "Komponentteja ilman tunnistetta" ja "Komponentteja, joiden tunniste ei vastaa vaatimuksia". Sääntö osaa löytää pellit, joilla on sama tunniste, pellit, joilta puuttuu tunniste kokonaan tai se on väärässä muodossa vaatimukseen nähden. Kuvassa 33 on esitetty säännön tarkastuksen tulos, jossa sääntö on löytänyt kaksi peltiä samalla tunnuksella.



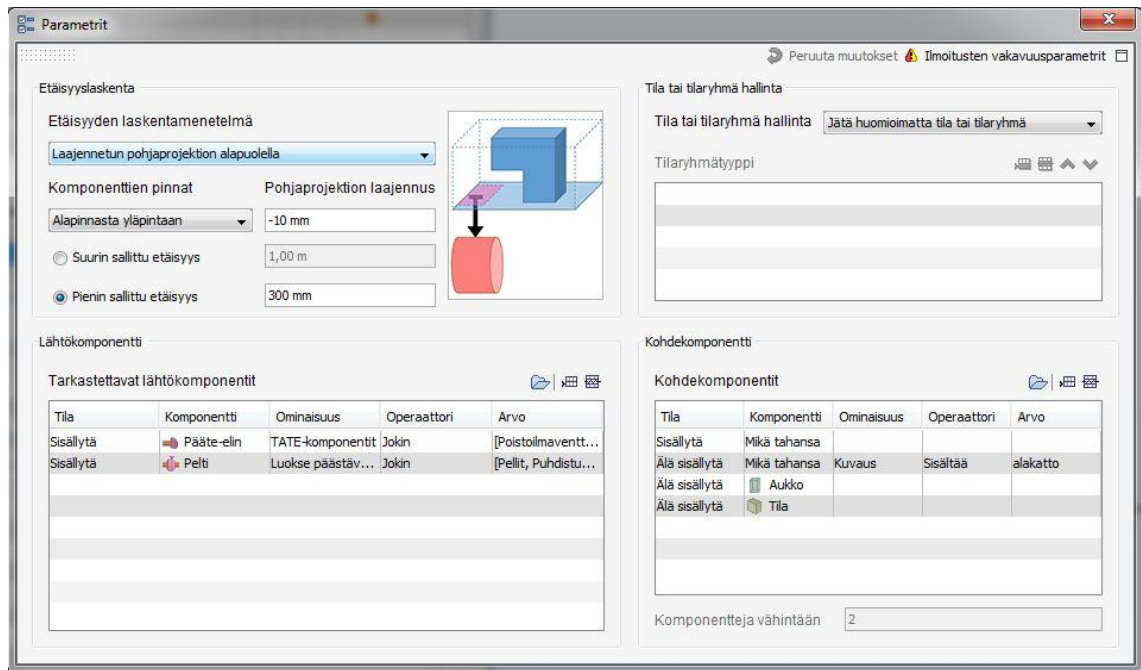
Kuva 33. Säännön "IV-komponenteilla tulee olla yksilöivä tunnus" -tulokset ja visualisointi 3D-näkymässä.

Laitetunnusten tarkastaminen SMC:n avulla ohjelmallisesti on yksinkertaisempaa kuin MagiCADin Export-työkalulla, koska MagiCADissa tarkastaja joutuu aina itse etsimään Excel-listasta poikkeamat. Sääntöön määritelty tarkastettava muoto täytyy määritellä sellaiseksi, että se koostuu riittävästä määrästä vaatimuksia ja valinnaisia vaatimuksia. Tarkastamisen ja komponenttien ryhmittämisen kannalta voisi olla mielekästä rakentaa säännöstö, joka sisältää säännöt erilaisille tarkasteltaville komponenteille. Tällöin eri LVI:n aselajit voidaan pilkkoa pienempiin kokonaisuuksiin ja erilaisille komponenteille voidaan määritellä tarkemmin missä muodossa kyseisen komponentin tunnus täytyy olla. Esimerkissä ollut kaikkien ilmanvaihdon peltien tarkastaminen yhdessä säännössä ei ole välttämättä mielekästä, koska säännön formaatista tulee huonosti jälkikäteen tarkastettava tai formaatille täytyy määritellä enemmän valinnaisia parametreja, mikä ei välttämättä oikean muodon tarkastamisen näkökulmasta ole haluttu lopputulos.

8.2 Tapaus 2: "Asennustila komponentin ympärillä"

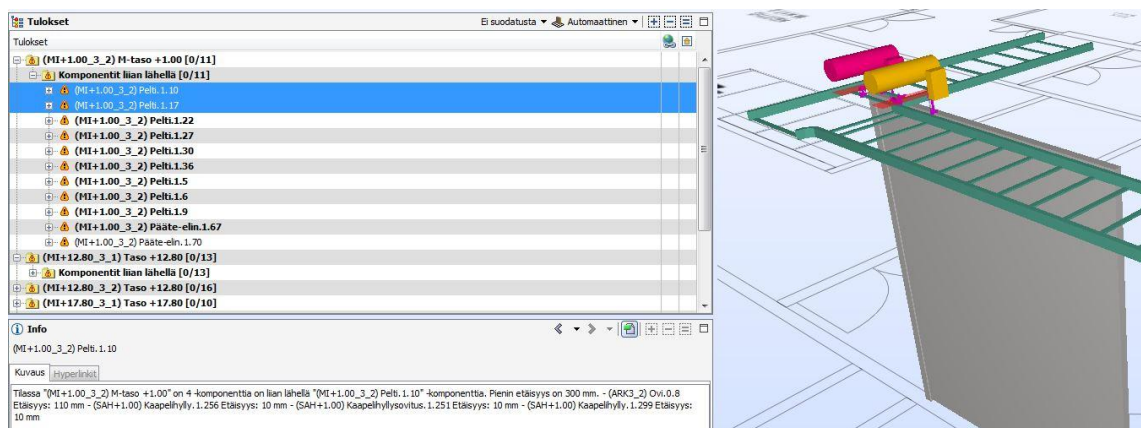
Tapaus "Asennustila komponentin ympärillä" valittiin tarkasteltavaksi, koska kyselytutkimuksen vastauksissa peräänkuulutettiin asennustilojen ja suojaetäisyyksien tarkastamista tietomalleista huollettavilta laitteilta. Tapauksen pohjana käytettiin SMC:n sääntökirjastosta löytyvää sääntöä #222: "Komponenttien etäisyydet". Tätä sääntöä voidaan käyttää todella monella eri tavalla tarkistamaan etäisyyttä toisesta komponentista tai vain tietynlaisten komponenttien välisiä etäisyyksiä. Säännölle määritetään, minkä komponenttityyppien etäisyyksiä toisistaan tarkastellaan määrittelemällä tarkasteltavat lähtökomponentit ja kohdekomponentit eri puolille (kuva 34). Sääntö tarkastaa siis jonkin lähtökomponentin osumaa kohdekomponenttiin, ei esimerkiksi kahden lähtökomponentin välistä törmäystä. Säännölle voidaan määrittää käyttäjän toimesta komponenttien välinen etäisyys ja suunta. (20, 21.)

Testitapaukseen otettiin tarkastettaviksi lähtökomponenteiksi ilmanvaihdon päätelaitteet, pellit ja puhdistusluukut, sekä putkien venttiilit. Vastakomponenteiksi määriteltiin mikä tahansa, mutta tarkastuksen ulkopuolelle määritettiin aukot, tilaobjektit sekä alakatot. Säännön kanssa ei ole erityisiä haasteita, mutta sen tarkemman jatkotyöstämisen kannalta tulisi käydä tarkemmin läpi SMC:n luokittelunimet, jotta turhat ilmoitukset saadaan tarkemmin rajattua tarkastelemattomiin komponentteihin. SMC seuraa IFC:n luokkanimiä, jotka eivät ole ihanteellisia LVI-alalle. Tällaisista termeistä esimerkkeinä mainittakoon kanavaterminaali, läpivirtausvarasto, virtaussegmentti ja yhtenäinen koneisto.



Kuva 34. Säännön "Asennustila komponentin ympärillä" parametrit.

Tarkastetun säännön tulosten esimerkki on esitetty kuvassa 35, jossa ilmoitukseksi saadaan "Komponentit liian lähellä" ja SMC näyttää, minkä tyyppisestä komponentista on kyse. Kuvassa valintana olevat pellit visualisoituvat ohjelman 3D-näkymään, josta voidaan nähdä, että tuloilmakanavan palopelti jää ongelmallisesti edessä olevan poistoilmakanavan palopellin ja sähköhyllyn ympäröimäksi. SMC näyttää myös etäisyyden ilmoituksen aiheuttamien komponenttien ylä- ja alapinnan välillä. Sääntö ei tarvitse toimiakseen suunnittelijalta lisäinformaatiota tietomalliin.

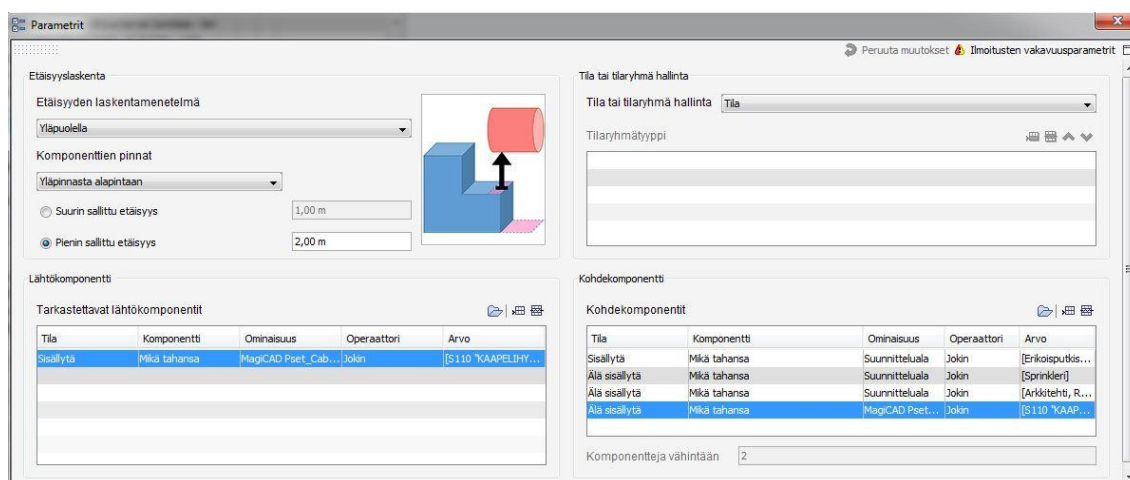


Kuva 35. Säännön "Asennustila komponentin ympärillä" tulokset Solibri Model Checkerissä.

8.3 Tapaus 3: "Palohylly on oltava ylimpänä"

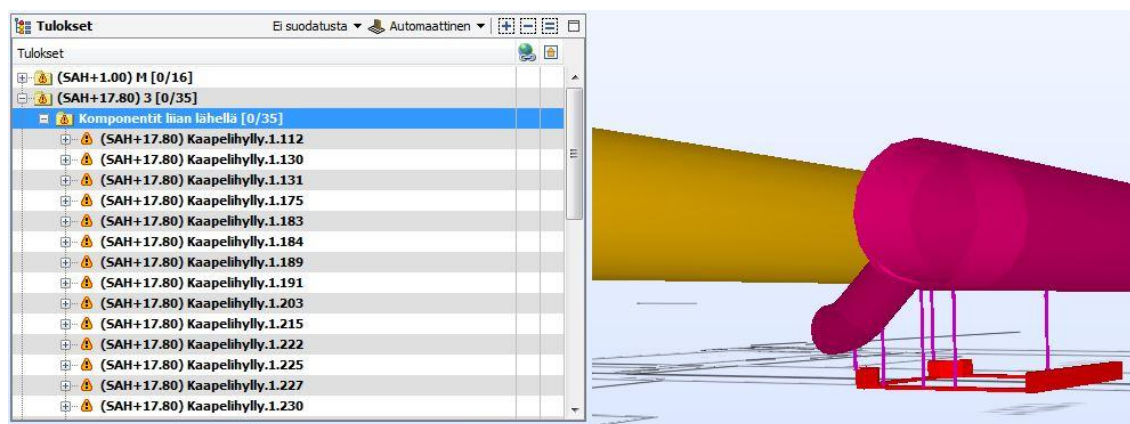
Suunnitelmien asennusjärjestysten ja asennettavuuden esimerkkisäännöksi valittiin tapaus, jossa tarkastellaan, että palohyllyjen yläpuolella ei saa olla muuta tekniikkaa kuin sprinkler. Tämän tapauksen sääntöpohjana käytettiin samaa sääntöä kuin tapauksessa 2 eli sääntöä #222: "Komponenttien etäisyydet". Tutkimalla sitä, ovatko palohyllyt muun talotekniikan yläpuolella, voidaan arvioida suunnitelmaa, sen toteutettavuutta, asennusjärjestyksiä ja aikatauluja. Kohteissa, joissa palohyllyjen yläpuolelle asennetaan runsaasti tekniikkaa, saadaan myös lisähintaa tekniikan kannakoinnille, koska kaikki palohyllyn yläpuolella oleva tekniikka tulee kannakoida palonkestävästi. Tapauksen perusteena on kyselytutkimuksessa ja tapaustutkimuksissa esitetyt asennettavuuden, asennusjärjestysten, huoltotilojen ja toisaalta myös hintavaikutuksen tarkastaminen talotekniikkamalleista. Tapaus on myös helposti sovellettavissa erilaisien komponenttien etäisyydettarkasteluun, esimerkiksi yhtä hyvin voitaisiin tarkastaa, että alakatto-luukun ja ilmanvaihdon puhdistusyhteen välissä on tyhjää tilaa eikä alta mene haitallisesti muuta tekniikkaa. (20, 21.)

Säännölle määritetään, minkä komponenttityyppien etäisyyksiä toisistaan tarkastellaan määrittelemällä tarkasteltavat lähtökomponentit ja kohdekomponentit eri puolille (kuva 36). Sääntö tarkastaa siis jonkin lähtökomponentin etäisyyttä kohdekomponenttiin, ei esimerkiksi kahden lähtökomponentin välistä törmäystä. Säännölle voidaan käyttäjän toimesta määrittää sallittu komponenttien välinen etäisyys ja suunta. Tässä säännössä määriteltiin, että lähtökomponentiksi sisällytettiin ne komponentit, joiden MagiCAD Pset_CableTray -ominaisuusjoukosta löytyy tietty palohyllyjärjestelmä. Vastakomponenteiksi valittiin kaikki mahdolliset komponentit, mutta siitä rajattiin pois toiset palohyllyt ja arkkitehti sekä rakennekomponentit. Rajaamalla rakenne ja arkkitehtikomponentit tarkastuksesta pois, SMC ei tee ilmoitusta esimerkiksi hyllyn yläpuolella olevasta välipohjarakenteesta. Kun taas kohdekomponenteista rajataan pois toiset palohyllyjärjestelmät, ei ohjelma tee ilmoitusta, mikäli palohyllyn yläpuolella on toinen palohylly.



Kuva 36. Sääntö "Palohyllyn on oltava ylimpänä".

Tarkastetun säännön tulosten esimerkki on esitetty kuvassa 37. Tuloksen ilmoitukseksi siis saadaan "Komponentit liian lähellä" ja SMC näyttää minkä tyyppisestä komponentista on kyse. Kuvassa valintana olevat pellit visualisoituvat ohjelman 3D-näkymään, josta voidaan nähdä, että tuloilmakanavan alapuolella on palohyllysovitus. Sääntö lukee MagiCAD:n ominaisuusjoukosta niitä palohyllyjä, joiden järjestelmänimi on tässä tapauksessa "S110 kaapelihyllyjärjestelmä (PALO)", jos projektissa kaapelihyllyjärjestelmät on mallinnettu toisen nimisellä järjestelmällä, täytyy sääntöön käydä vaihtamassa arvo-kenttään käytetyn järjestelmän nimi ja siten muokata sääntöä projektikohtaiseksi. Mikäli järjestelmänimessä olisi aina vakiona termi "PALO", voitaisiin sääntö määrittää siten, että se tarkastaa niitä järjestelmiä, joiden nimestä kyseinen termi löytyy. Tällä tavoin toteutettuna suunnittelijalta ei vaadita mitään lisäinformaation tuottamista tietomalliin ja sääntö toimisi automaattisemmin ilman termien tarkastamista.



Kuva 37. Säännön "Palohylly oltava ylimpänä" tulokset Solibri Model Checkerissä ja ilmoituksen visualisointi 3D-näkymässä.

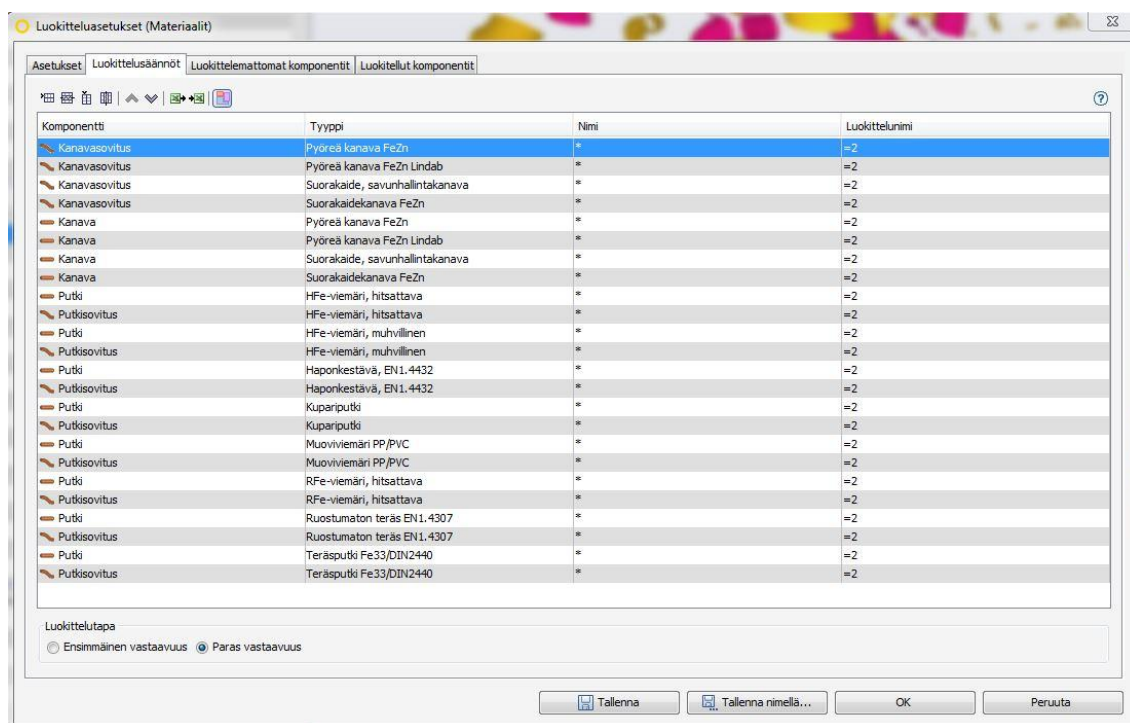
8.4 Tapaus 4: ”Talotekniikkaosien tulee olla luokiteltu materiaaleittain”

Tapaukseen ”Talotekniikkaosien tulee olla luokiteltu materiaaleittain” käytettiin Solibri Model Checkerin luokittelutoimintoa. Luokittelu ryhmittelee hankkeen materiaalit sen mukaan millä materiaalityypillä ne on mallinnettu ja suunnittelija pystyy itse auditoimaan suunnitelmaansa ja tarkastamaan helposti onko projektissa mallinnettu LVI-materiaalierittelyn mukaisilla materiaaleilla. Luokiteltaessa malleissa käytetyt materiaalit voidaan tehtyä luokittelua käyttäen myös hyödyksi esimerkiksi määräluetteloiden laatimisessa. Materiaalien tarkastaminen vähentää suunnitteluasiakirjojen välisiä ristiriitoja ja työmaa-aikaisia epäselvyyksiä. (20, 21.)

Tämän tapauksen kaltaisen luokittelun pystyy rakentamaan varmasti usealla eri tavalla. Tätä opinnäytetyötä varten luokittelu rakennettiin kahdella eri tavalla, koska ensimmäisen tavan jälkeen havaittiin, että eri tavalla rakennettuna luokittelu ei ole riippuvainen järjestelmänimistä. Ruoho ei ole kuitenkaan vihreämpää aidan toisella puolella, sillä kummallakin tavalla rakennettuna luokittelu tarvitsee toimiakseen suunnittelijalta tai SMC:n käyttäjältä järjestelmänimien (tapa 1) tai lyhenteiden (tapa 2) tarkastamisen. Luokittelun rinnalle on myös mahdollista rakentaa sääntö, jota on käsitelty tässä kappaleessa tapojen 1 ja 2 esittelyn jälkeen.

Tapa 1

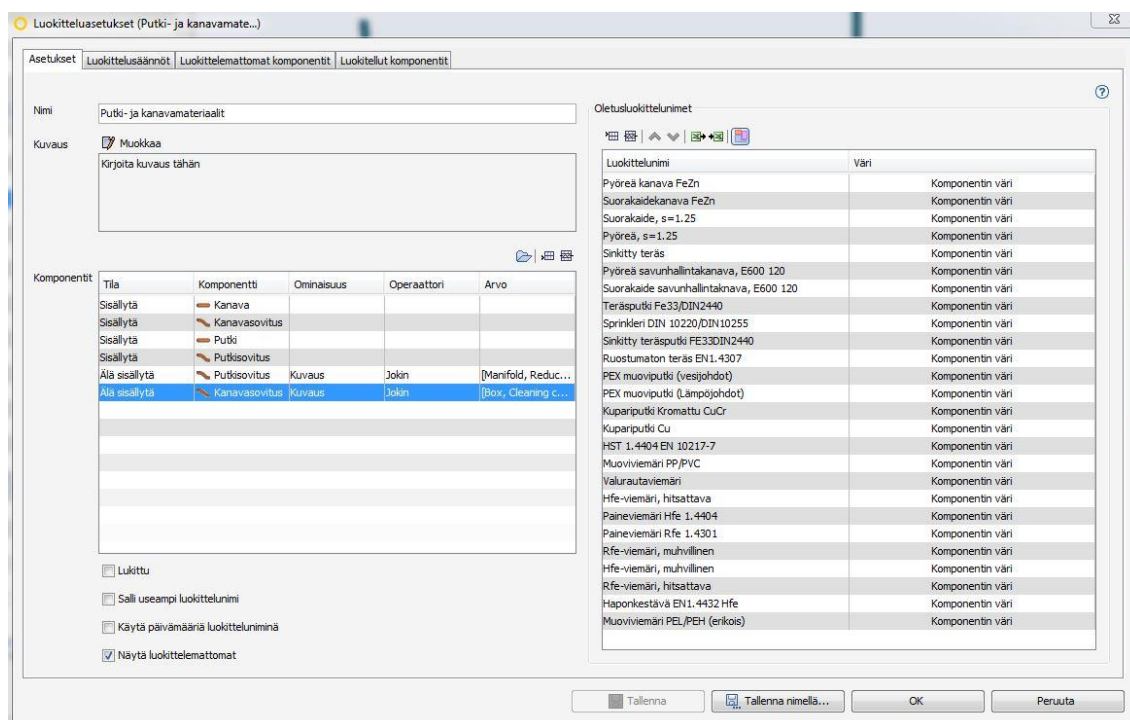
Yksi tapa rakentaa luokittelu on tehdä se MagiCAD-projektitietokannasta löytyvillä materiaalinimikkeillä. Käytännössä tämä tarkoittaa, että luokittelu rakennetaan siten, että luokitteluasetuksista valitaan luokitteluun mukaan komponentit ”Putki”, ”Putkisovitus”, ”Kanava” ja ”Kanavasovitus”. Tässä tapauksessa luokittelunimiä ei tarvitse käyttäjän määrittää, koska luokittelunimi voidaan määrittää luokittelusäännöistä samaksi kuin komponenttityypin nimi. Kuvassa 38 on esitetty yhdellä tavalla rakennetun luokittelun luokittelusäännöt.



Kuva 38. "Talotekniikkaosien tulee olla luokiteltu materiaaleittain" -tapa 1.

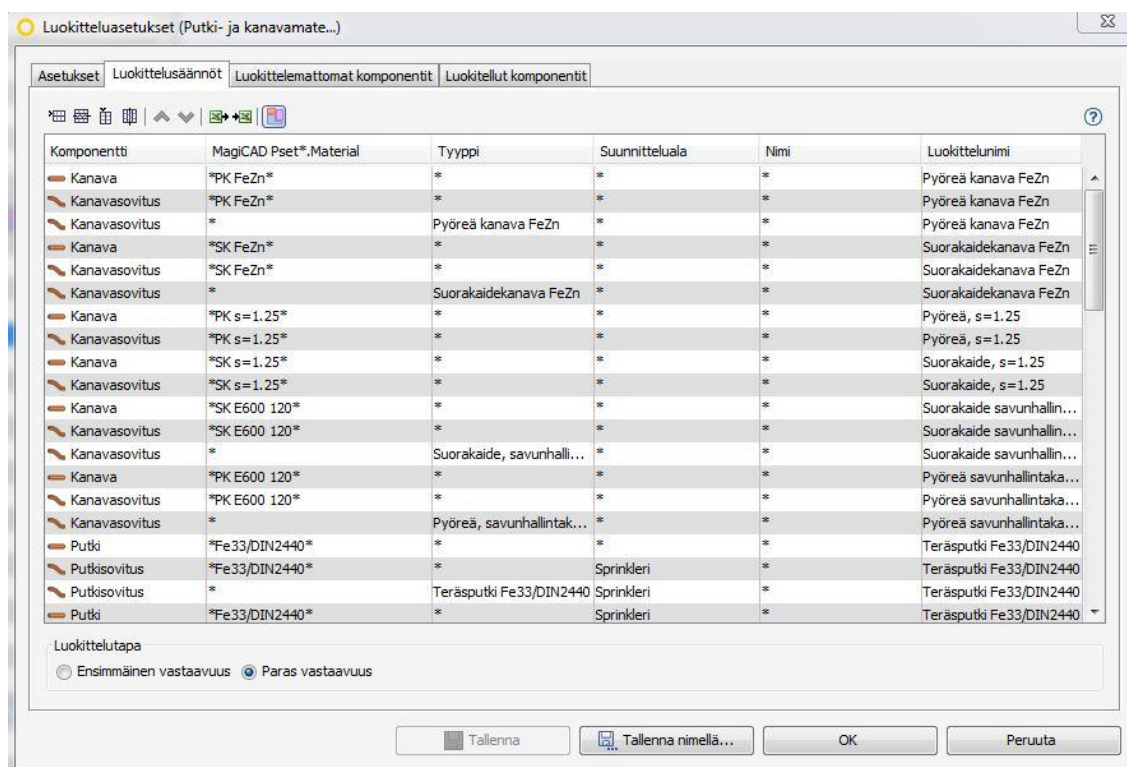
Tapa 2

Toinen tapa rakentaa luokittelu projektin materiaalityypeistä on tehdä se käyttämällä MagiCAD-tietokannasta löytyvää materiaali-attribuuttia. Tässä tapauksessa luokitteluun kuuluviksi komponenteiksi valitaan myös kanavat, kanavasovitukset, putket ja putkisovitukset. Käyttäjän tulee rakentaa oletusluokittelunimet MagiCAD-tietokannan perusteella siten, että luokittelunimiksi luodaan kaikki ne materiaalityypit joita tietokannassa on. Järkevintä olisi tehdä kertaalleen niin, että käyttäjä tekee kaikille mahdollisille yleisimmille eri talotekniikkamateriaaleille omat kuvaukset ja tarvittaessa täydentää luetteloa mikäli projektissa käytetään jotakin erikoisempaa materiaalia. Kuvassa 39 on esitetty tämän luokittelutavan mukaiset luokitteluasetukset sekä oletusluokittelunimet, jotka on haettu MagiCAD-tietokannan materiaaleista.



Kuva 39. ”Talotekniikkaosien tulee olla luokiteltu materiaaleittain” -tavan 2 mukaiset luokittelusäännöt.

Itse luokittelusääntöjen (kuva 40) rakentaminen on jonkin verran monimutkaisempi kuin tavalla 1 tehtynä, mutta tällä tavalla rakennettuna luokittelusääntöjä ei todennäköisemmin tarvitse muokata eri projektien välillä. Luokittelusäännöt hakevat MagiCAD-ominaisuusjoukoista materiaalitietoa ja osasta komponentteja myös tyyppitietoa, jotta kaikki komponentit saadaan luokiteltua. Materiaalitiedosta täytyy löytyä vähintään kuvassa 40 näkyvien **-merkkien väliin kirjoitettu lyhenne, mutta siinä voi olla myös muuta tekstitietoa lisäksi. **-merkkien väliin jäävä lyhenne on valittu siten, että se on Granlund Oy:n projektitietokannan Template-tiedostossa (tiedosto, joka sisältää projektin perusasetukset) aina oletusnimi ja siten yhtenäinen kaikille Granlund Oy:n projekteille.



Kuva 40. "Talotekniikkaosien tulee olla luokiteltu materiaaleittain" – luokittelusäännöt.

Tapojen 1 ja 2 erot ja yhteneväisyydet

Tavalla 1 rakennettu luokittelu on laatijalleen helpompi ja nopeampi rakennettava, mutta raskaampi ylläpitää. Käyttäjän on huomioitava, että luokittelutapa toimii aina vain siinä projektissa, johon se alun perin on rakennettu. Luokittelusäännöistä valitaan materiaalityyppejä niin paljon, kuin SMC:ssä on materiaaleja. Tavalla 2 rakennettu luokittelu on puolestaan universaalimpi ja toimii todennäköisemmin eri projekteissa paremmin kuin tavalla 1 rakennettu luokittelu. Tavan 2 hyvä puoli on se, että yhden suunnittelutoimiston tarvitsee rakentaa se vain kerran ja se toimii sen jälkeen ainakin kaikkien kyseisen toimiston malleissa kun käytetään yhtenäistä Template-tiedostoa. Tapa 2 edellyttää, että MagiCAD-tietokantaan on määriteltä vähintään materiaalityyppiä jota SMC:n sääntö hakee, lyhenteet on järkevintä lisätä suoraan MagiCADin Template-tiedostoon (kuva 41). Molemmista tavoista tulee luokittelusta rajata pois putkisovitukset, joiden kuvaus on "Manifold" (jakotukki) tai "Reducer/Expander" (käyttäjän tekemä epäkeskinen, ei standardi-muotokappale), sekä kanavasovitukset, joiden kuvaus on "Box" (MagiCAD Distribution Box, kokoojalaatikko), "Cleaning Cover" (puhdistusluuku), "Plug" (tulppa) tai "Reducer/Expander".

MagiCAD V&P - Duct Series

General

ID: 000002

k: 0.15000

Connection type code:

Flange series: - Default -

☐ Only selected flange type allowed

☐ Flexible duct

Description: Suorakaidekanava FeZn

UserCode: SK FeZn

National code:

Material: SK FeZn

Object ID format:

Duct Sizes

Size	Bend R/D	Fit on len	Extra len
200x50	1.00	10	15
200x100	1.00	10	15
200x150	1.00	10	15
200x200	1.00	10	15
250x100	1.00	10	15
250x150	1.00	10	15
250x200	1.00	10	15
250x250	1.00	10	15

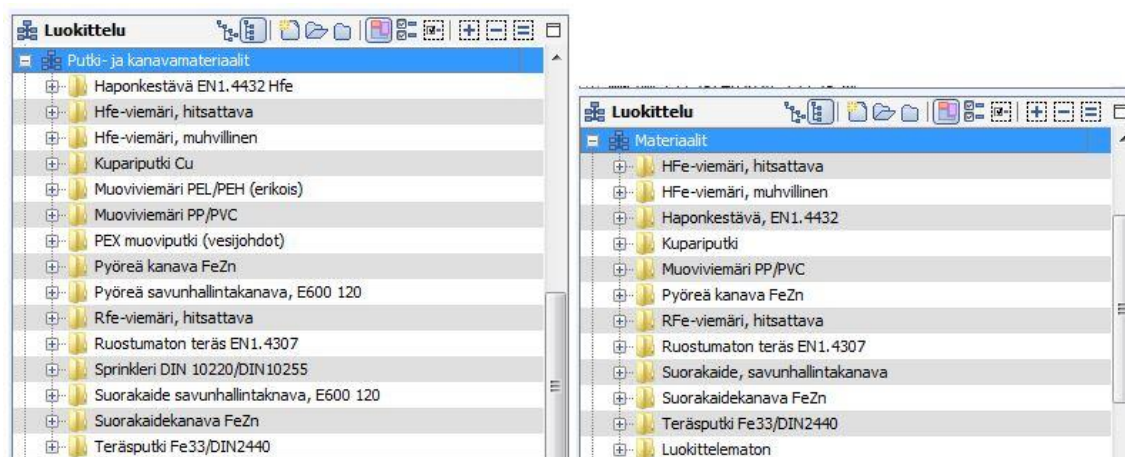
Products

Part type	User ...	Product	Shape	Subtype
-----------	----------	---------	-------	---------

Ok Cancel

Kuva 41. MagiCAD-tietokannan kanavamateriaalin valikko, jossa kanttikanavalle on määritetty materiaalilyhenne.

Molemmilla tavoilla tuotettu materiaalien luokittelu näyttää lopputulokseltaan samanlaiselta. Kuvassa 42 oikealla on tavalla 1 rakennetun luokittelun lopputulos ja vasemmalla tavalla 2 rakennettu luokittelu. Molemmat luokittelut tehtiin samaan SMC-tiedostoon, mutta tapa 2 vietiin pidemmälle ja rakennettiin siten että se käsittää kaikki projektissa olevat materiaalit. Valitsemalla jokin kansiotaso luokittelupuusta, valinta näkyy SMC:n 3D-ikkunassa. Mikäli luokittelu listaa luokittelemattomia komponentteja, ne näkyvät puussa viimeisenä kuten oikealla tavan 1 mukaisessa luokittelupuussa. Luokittelemattomat komponentit on syytä käydä läpi ja varmistua siitä, kuuluisivatko ne johonkin luokittelunimeen vai pitäisikö niillä olla kokonaan oma luokittelunimi.



Kuva 42. ”Talotekniikkakomponenttien tulee olla luokiteltu materiaaleittain” -luokittelut. Kuvassa on esitetty oikealla tavan 1 mukaan rakennettu luokittelu ja vasemmalla tavan 2 mukaan rakennettu luokittelu.

Manuaalisen tai visuaalisen tarkastamisen minimoimiseksi luokittelun rinnalle voidaan rakentaa lisäksi sääntö joka tarkastaa, että luokittelu on toiminut oikein ja kaikki projektissa olevat materiaalit on luokiteltu. Sääntö voidaan rakentaa siten, että se lukee suoraan luokittelun luokittelunimiä siten, että luokittelemattomia komponentteja ei saa malleista löytyä. Toinen tapa rakentaa sääntö on tehdä luokittelupuu suoraan sääntöön itseensä, jolloin se ei lue luokittelua ollenkaan. Luokittelunimien tekeminen kahteen kertaan voi tuntua työläältä, mutta SMC:ssä on mahdollista eksportoida oletusluokittelunimet Excel-tiedostoon, josta ne voidaan edelleen hakea säännön arvoiksi.

8.5 Tapaus 5: ”Pääsulkujen vaikutusalueet visualisoimalla”

Pääsulkujen vaikutusalueiden tarkastamista toivottiin niin kyselytutkimuksessa kuin tapaustutkimuksissakin. Rannisto esimerkiksi esitti, että putkistojen sulkuventtiileiden vaikutusalueita tarkasteltaisiin ja arvioitaisiin ovatko ne järkeviä, ettei puolta kauppa-keskusta tarvitse huollon vuoksi sulkea. Pääsulkujen vaikutusalueet voidaan tarkastella Solibri Model Checkerin informaation talteenottotyökalulla liittämällä siihen luokittelu, joka hakee kaikkien projektin venttiileiden joukosta ne venttiilit, joille suunnittelija on määritellyt MagiCADIin niiden olevan esimerkiksi pääsulkuventtiileitä. Kuvassa 43 on esitetty MagiCADIin määritelty pääsulkuventtiili. Kuten tapauksessa 1, tässäkin tapauksessa käytettiin Description-kenttää venttiileiden yksilöimiseen. (20, 21.)

Property	Value
Part type	Zone valve
System	C41 402P01-retum "Jäähdytys, konvektori"
Storey	Taso +17.80
Center of part	H = 3900.0
Product	LSV1 "STAD-50"
Manufacturer	TA
Connection size	50
Insulation	Ef13/13 "Solukumi 13mm (NJ,Jäähd <14°C)"
Status	Not defined
Product variable	LSV1

FLOW

☐ Is a measuring valve

☐ Lock dp

0.000 kPa

LABELS

Description: PÄÄSULKU

UserVar 1:

UserVar 2:

UserVar 3:

UserVar 4:

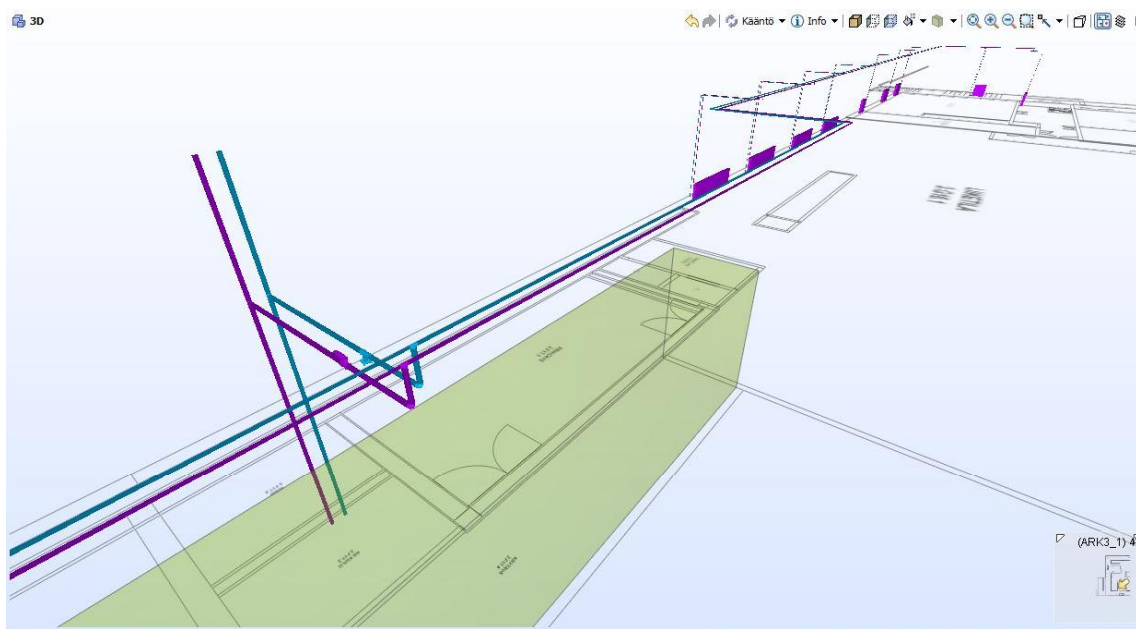
Object ID

☐ Override

Properties... Size... Change RI Ok Cancel

Kuva 43. Pääsulkujen määrittäminen komponentin Description-kenttään MagiCADissa.

Tässä tapauksessa rakennettiin ensin luokittelu, joka ryhmittelee kaikki ne venttiilit, joiden Description-kentästä löytyy tekstiä. Luokittelulle ei siis erikseen ole määriteltä, mikä tekstimuoto kentästä täytyy löytyä, vaikka luokittelu olisi mahdollista rakentaa myös niinkin, kunhan projektissa yhtenäisesti päätetään millä tavalla pääsulut merkitään. Kuvassa 44 on esitetty ITO, joka listaa luokittelun avulla kaikki ne venttiilit, joille on merkitty jokin teksti Description-kenttään. ITO:n ryhmittäjänä on aina vasemmalta luettuna ensimmäinen sarake, joka tässä kuvauksessa on lähin tila, jossa venttiili on. Valitsemalla jokin venttiili ITO-kuvauksesta 3D-ikkunaan tulee näkyviin venttiili siinä tilassa jossa se on. Kun venttiiliin lisäksi valitaan kuvassa oikealla näkyvä "järjestelmä", saadaan näkyviin venttiilin järjestelmä siinä kerroksessa, missä venttiili sijaitsee (kuva 44).



Informaation talteenotto

Lähin tila	Komponenttityyppi	06. Pääsulut, Lämpö- ja jäähdytys	Järjestelmätunnus	MagiCAD Pset_Valve.Description	Tyyppi	Järjestelmä	Järjestelmän komponentit
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 103P01	PÄÄSULKU	AT3600-40	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(340)
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 402P01	PÄÄSULKU	STAD-40	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(340)
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 402P01	PÄÄSULKU	AT3600-80	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(770)
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 402P01	PÄÄSULKU	STAD-50	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(770)
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 103P01	PÄÄSULKU	AT3600-32	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(340)
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 103P01	PÄÄSULKU	STAD-32	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(340)
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 402P01	PÄÄSULKU	AT3600-80	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(770)
(ARK3_1) Tilä.4....	Venttiili	Taso +17.80	C41 402P01	PÄÄSULKU	STAD-50	(ML+17.80) Järj...	Järjestelmä(770)

Kuva 44. Informaation talteenottokuvaus, joka listaa kaikki verkoston pääsulkuventtiilit.

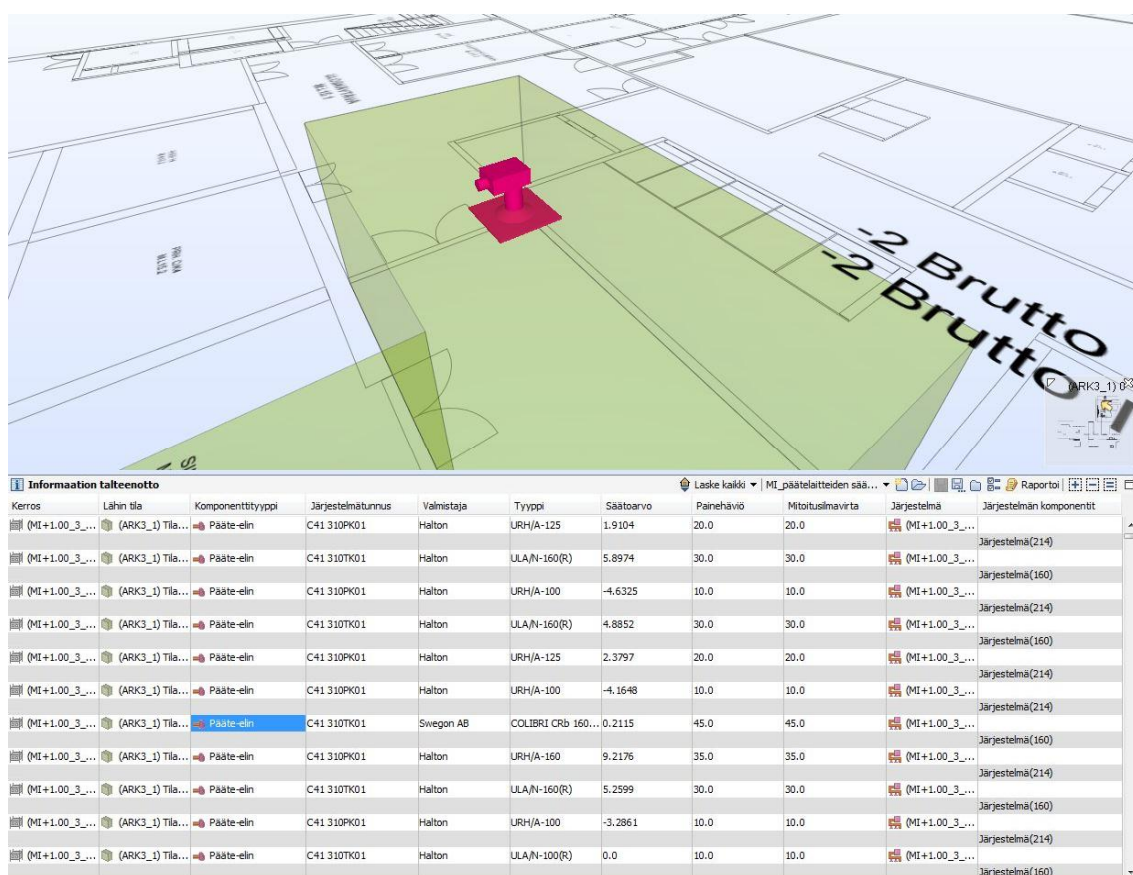
Tällä ITO:lla voisi olla käyttöarvoa ylläpidon aikana, mutta myös rakentamisaikana tai suunnittelussa kun halutaan nopeasti nähdä tietyllä tavalla merkittyjen venttiileiden vaikutusalue. Samankaltaisesti luotua informaation talteenottoa pystyisi käyttämään hyödyksi myös kaikenlaisten muiden verkostolaitteiden havainnollistamisessa. Tämä tapaus edellyttää toimiakseen suunnittelijalta pääsulkujen määrittämisen projektin venttiileille tai niille laitteille, joilta vaikutusalueita halutaan tarkastella.

8.6 Tapaus 6: "Verkostolaitteiden säätöarvot"

Verkostomitoitusta, komponenttien teknisiä ominaisuuksia ja mitoitus tietoja toivottiin tarkasteltavan tietomallin kautta. Verkostolaitteiden säätöarvot on toteutettu Solibri Model Checkerin informaation talteenottotyökalulla. ITO:n toimivuuden varmistamiseksi sille tulee määritellä, että ennen sen käyttöä, tulee sääntö "MagiCAD mitoitusarvot" olla läpäistynä. Kyseinen sääntö on SMC:ssä olevia oletussääntöjä, joka tarkastaa, että

talotekniikkaverkostoissa on mitoitusdataa, mutta se ei tarkasta, onko mitoitus tehty oikein. Tämän ITO:n toimintavarmuus kannattaa siksi tarkistaa erikseen myös suunnittelijalta ja varmistaa, että tasapainotus malleille on tehty. (20, 21.)

Tapauksen 6 ITO (kuva 45) toimii samalla periaatteella kuin tapauksen 5 ITO, mutta siihen ei ole liitetty luokittelua. Valitsemalla kuvauksesta jonkin päätelaitteen, saadaan 3D-näkymään kyseinen päätelaite siinä tilassa jossa se on. ITO-kuvaukseen on siis valittu ryhmittäväksi tekijäksi tila. Kuvaukseen otettiin näkyviin päätelaitteen järjestelmä, valmistaja, tyyppi, säätöarvo, painehäviö sekä mitoitusilmavirta, jotta se palvelisi esimerkiksi ilmanvaihtoverkoston säätäjää.



Kuva 45. Informaation talteenottokuvaus "Päätelaitteiden säätöarvot", jossa valittu päätelaite visualisoituu 3D-malliin siinä tilassa jossa se sijaitsee.

Samalla tavalla olisi rakennettavissa säätöarvotaulukko mille tahansa talotekniselle laitteelle. SMC:n tukiviivatyökaluja käyttämällä 3D-näkymässä on lisäksi helppoa nähdä missä tilassa päätelaite pohjapiirustukseen nähden sijaitsee. Mikäli taulukon käyttäjä haluaa nähdä päätelaitteeseen liitetyn verkoston, sen saa näkyviin napsauttamalla jär-

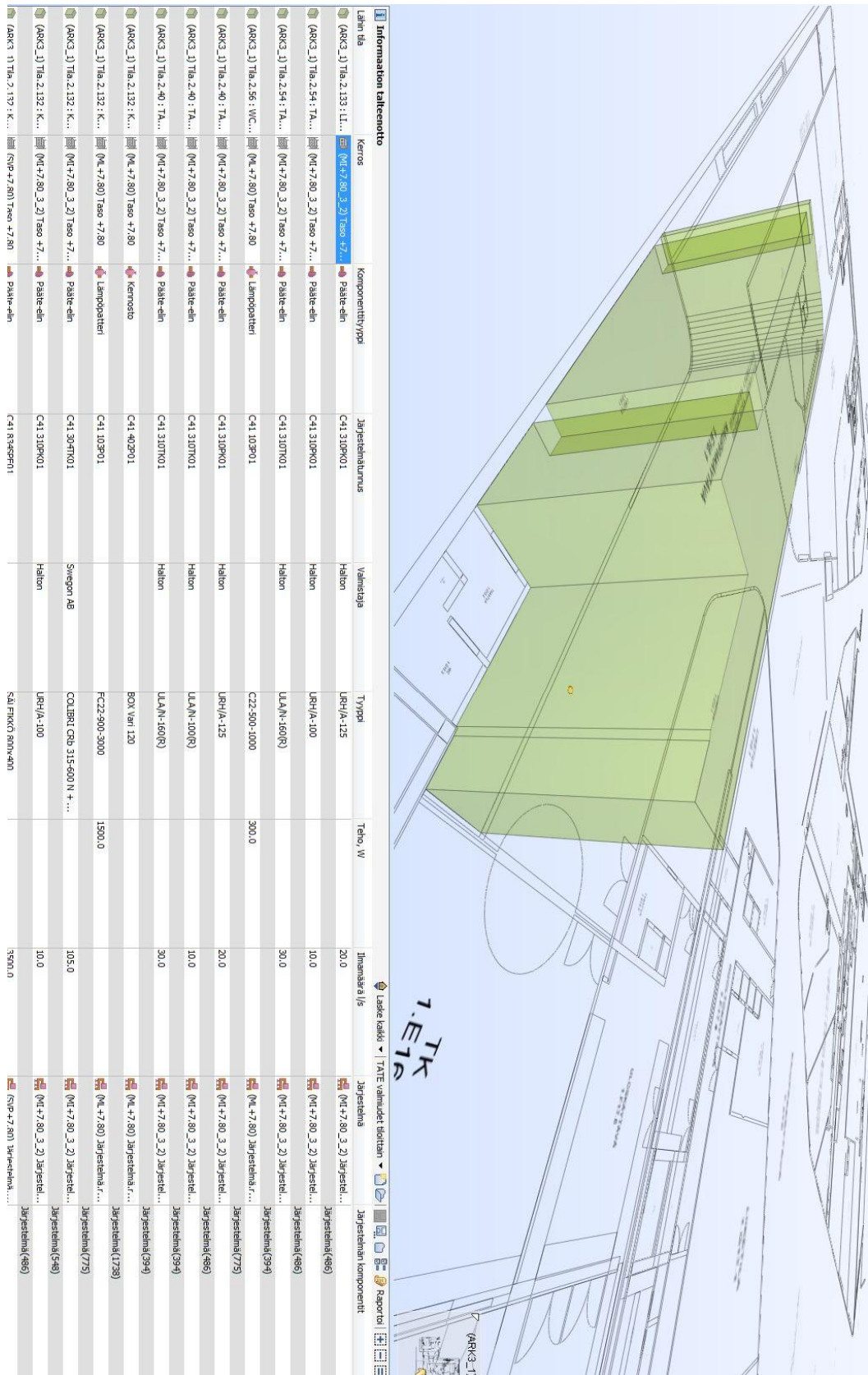
jestelmää taulukon oikeasta reunasta samaan tapaan kuin tapauksessa 5. Säättöarvotietojen saaminen tietomalleihin ei lisää suunnittelijan työmäärää, koska tieto kirjoittautuu tietomalleihin mukaan jos verkostot on tasapainotettu.

8.7 Tapaus 7: "TATE-valmiudet tiloittain"

Kyselytutkimuksessa ja tapaustutkimuksissa nousi esille talotekniikkamallien valmiuksien tarkastelu tiloittain. Esimerkiksi tapaustutkimuksen 1, I3-työmaan talotekniikkavalvoja, tarkasteli verkostojen riittävyyttä tietomallien kautta. Käyttämällä ITO-kuvausta hän pystyisi tarkastelemaan myös, onko tiloissa valvojan mielestä riittävästi kapasiteettia esimerkiksi tilojen muunneltavuuden kannalta. Saman tarkastelun pystyy toki suunnitelmilleen tekemään myös itse suunnittelija. Tapausta tarkasteltiin käyttäen Solibri Model Checkerin ITO:a. (20, 21.)

ITO-kuvaus "TATE-valmiudet tiloittain" tehtiin siten, että kuvauksen ryhmittävänä tekijänä on komponentin lähin tila kuten tapauksissa 5 ja 6. Lisäksi tapaukseen määriteltiin omat sarakkeet komponenttityypille, komponentin järjestelmälle ja valmistajalle, komponentin malli, sen teho ja ilmamäärä (kuva 46). Lisäksi komponentin järjestelmän sa näkyviin valitsemalla ITO:sta järjestelmä-rivin samaan tapaan kuin tapauksissa 5 ja 6. Tehotieto laitteilta saadaan ominaisuusjoukosta Pset_SpaceHeaterTypeCommon valitsemalla OutputCapacity ja ilmamäärä saadaan MagiCADin ominaisuusjoukosta Pset_AirTerminal valitsemalla qv_SizingFlow_Is. (40.)

ITO toimii oikein silloin, kun suunnittelija mallintaa oikeilla MagiCAD-kirjastosta löytyvillä tuotteilla. ITO ei osaa hakea suunnittelijoiden usein käyttämää virtaus- ja tehotietoa, joka on syötetty virtaamaliitoksella putken päähän (Connection Node). MagiCADissa Connection Node "None" -virtaamaliitos on luomisensa jälkeen tyyppiä "Other Pipe Device", jota ei Progman Oy:n mukaan kirjoittaudu IFC-tiedostoon ollenkaan. (41.)

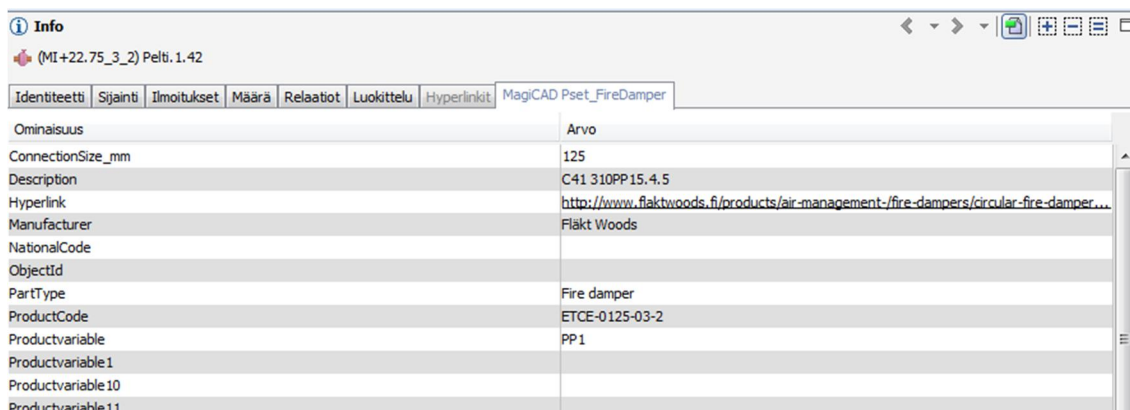


Kuva 46. Kuvassa on esitetty informaation talteenottokuvaus tapauksesta ”TATE-valmiudet tiloittain”. Kuvassa näkyy ITO ja sen yläpuolella visualisointi tilasta, jossa valittu komponentti sijaitsee.

8.8 Tapaus 8: "Linkkien lisäys tuotteille"

Seppo Sainio esitti haastattelussaan, että "hanaa napauttamalla nähtäisiin valmistajan tuotekoodi" ja Risto Lankinen toivoi suoraan, että erilaisten laitteiden valmistajien verkkosivuille pääsisi suoraan mallin kautta. Komponenteille lisättävät hyperlinkit ovat vastaus tähän pulmaan: Hyperlinkin voi lisätä joko MagiCADiin tai SMC-malliin.

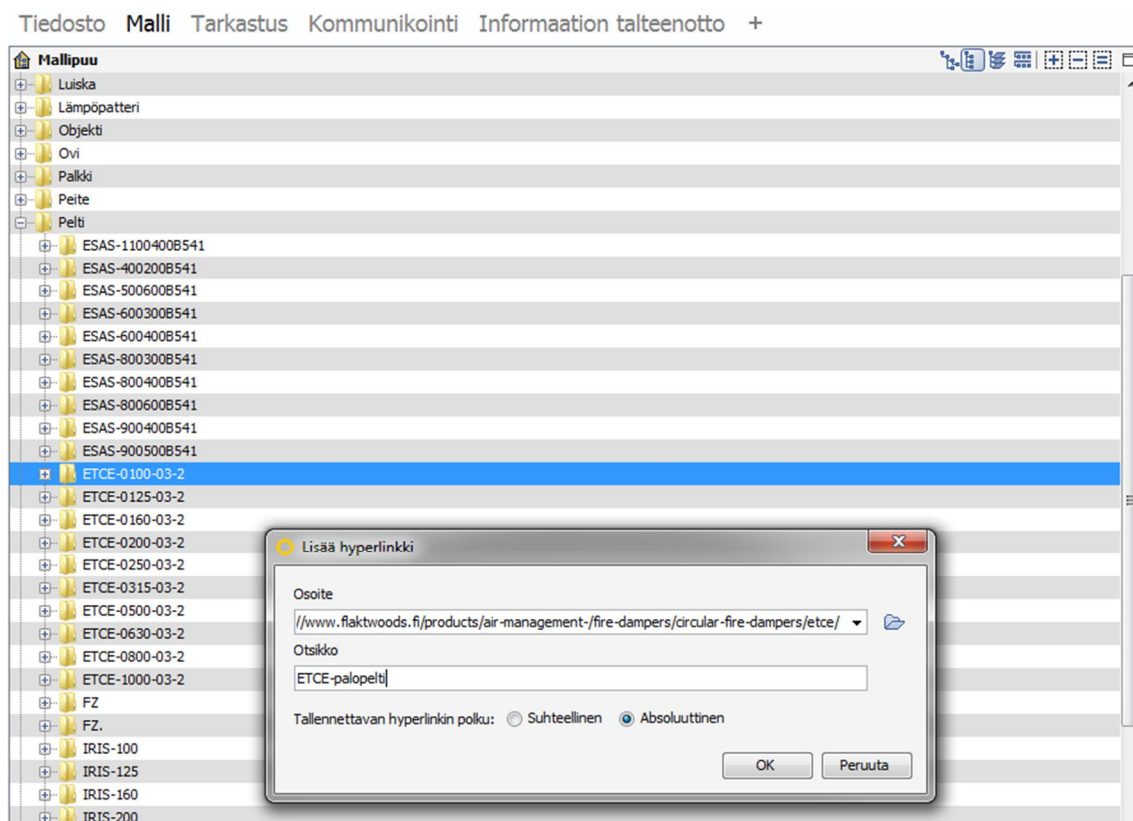
MagiCADissa hyperlinkkien lisäys tapahtuu esimerkiksi tuotetta haettaessa MagiCAD-projektiin. Tuotteiden lisäys projektiin käsiteltiin luvussa 7.1 ja hyperlinkki-kenttä näkyy kuvassa 15. Hyperlinkit eivät kuitenkaan kirjoittaudu suoraan MagiCADista IFC-tiedostoon, vaan ne täytyy eri MagiCAD ominaisuusjoukkoihin lisätä manuaalisesti MagiCADin Property set managerin kautta. Kun lisäys tehdään MagiCADiin ja hyperlinkit kirjoittautuvat IFC-tiedostoon, SMC:ssä hyperlinkki on nähtävissä kyseisen tuotteen MagiCAD ominaisuusjoukon alta SMC:n infonäkymässä. Kuvassa 47 on esimerkiksi Fläkt Woodsin ETCE-palopellille lisätty MagiCADissa hyperlinkki, joka avaa verkkoselaimeen valmistajan kotisivuilta kyseisen peltityypin tiedot. MagiCADissa lisätty hyperlinkki on siis tuotekohtainen. Yksittäiselle komponentille ei pysty lisäämään omaa hyperlinkkiä.



Kuva 47. SMC:n Infonäkymä, jossa on esitetty MagiCADissa palopellille lisätty Hyperlinkki.

SMC:ssä hyperlinkkejä voidaan lisätä mihin tahansa komponentille tai komponenttityypille missä tahansa puumaisessa näkymässä, missä yksittäiset komponentit tai komponenttitasot näkyvät. Hyperlinkkejä voidaan lisätä myös esitysten ilmoituksiin, säännöstöihin ja sääntöihin, ilmoituksiin ja kategorioihin tai luokitteluille. Esimerkiksi kuvassa 48 on esitetty hyperlinkin lisäys SMC:n mallipuunäkymässä samalle ETCE-pellille

kuin aiemmassa MagiCAD-esimerkissä. SMC:ssä hyperlinkki täytyy lisätä jokaiselle palopeltikoolle erikseen.



Kuva 48. Hyperlinkin lisääminen SMC:ssä ETCE-palopellille.

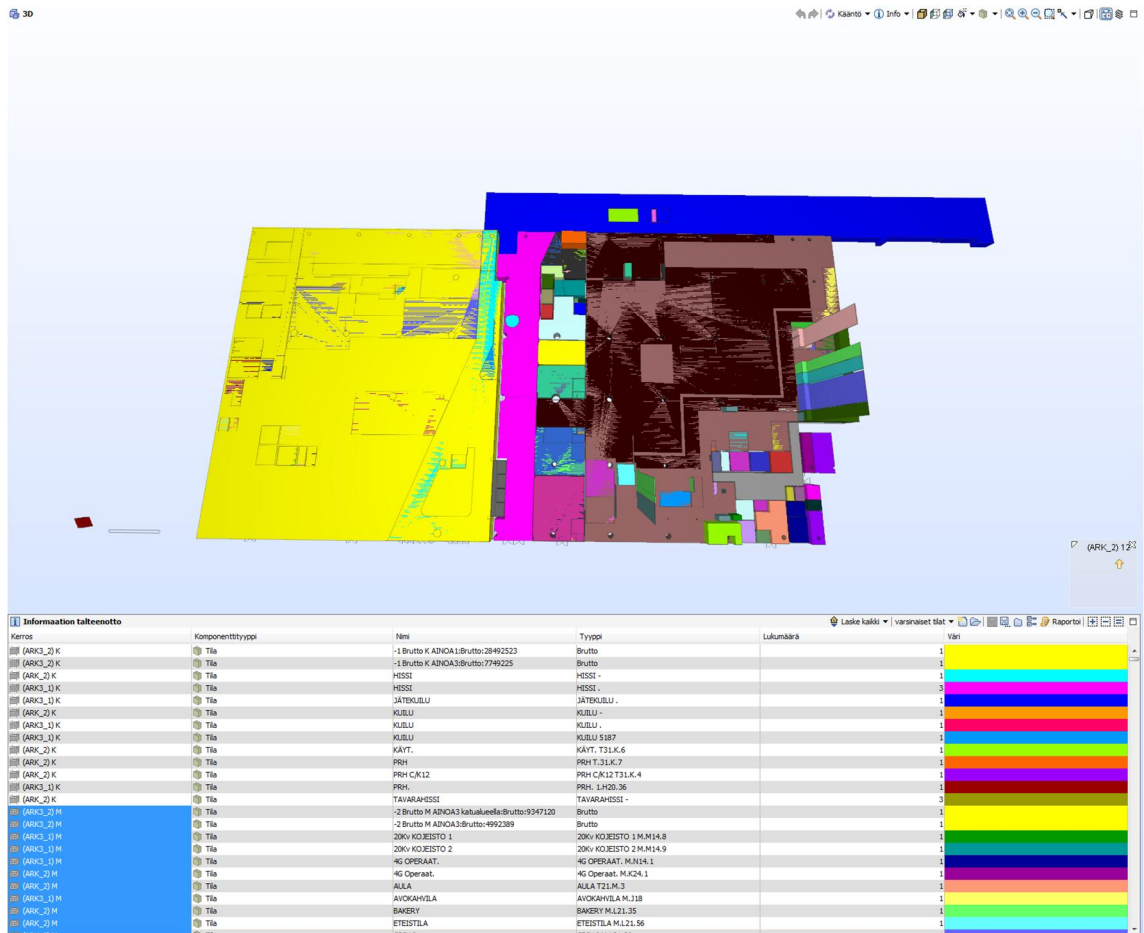
SMC:ssä lisätyt hyperlinkit nähdään infonäkymän "Hyperlinkit"-välilehdellä, kun tarkastellaan yksittäistä komponenttia. Hyperlinkit näkyvät myös mallipuussa komponenttien alla tai erillisessä "Hyperlinkkien hallinta"-näkyvässä. SMC:ssä lisätyt hyperlinkit ovat aina SMC-mallikohtaisia ja toimivat siinä mallissa johon ne on lisätty. Hyperlinkkien avulla suunnittelija voi osoittaa tarkempaa tuotetietoa ja helpottaa laitteen ominaisuuksien tarkastelua koska hyperlinkin voi lisätä avautumaan myös esimerkiksi asennus- tai huolto-ohjeeseen. Erityisesti tapauksissa, joissa joudutaan mallintamaan väärällä tuotteella, hyperlinkin avulla voidaan helpottaa oikean tuotteen tyypin ja mallin löytymistä. SMC:ssä hyperlinkit on myös raportoitavissa ITO-näkymän kautta, jolloin tuotteita ei tarvitse mallista varsinaisesti etsiä.

8.9 Tapaus 9: ”TES:n lisätyöprosenttien mukaisten tilojen asennukset”

Talotekniikkatoimialan työehtosopimuksen lisätyöprosenttien saaminen tietomalleihin nousi tutkimuksen jokaisessa osa-alueessa vahvinten esille. Lisätyöprosenttien yhdistäminen SMC:hen ei kuitenkaan välttämättä ole mielekästä, koska SMC:n vahvuudet ovat massa- ja datatiedon hankinnassa ja ryhmittelyssä, ei tuotteiden hinnoittelussa. Malleissa työskentelyä on siis tarkoituksenmukaista ohjata siihen suuntaan, että data saadaan mahdollisimman helposti käsiteltävään muotoon esimerkiksi urakoitsijoiden pakettirekistereissä tai Excelissä. Ohjelmallista määräluetteloa on käsitelty luvussa 6.2. Tämän kehitystyötapauksen avulla esitellään SMC:tä datan käsittelijänä, kun SMC:hen on tehty säännöstö löytämään tietomallista ahtaiden, alle 1,8 m:n tiloissa, sekä korkeissa tiloissa 5–8 m:n korkeudella oleva tekniikka. Säännön tarkastuksen tulokset on lopuksi visualisoitu informaation talteenottonäkymän avulla.

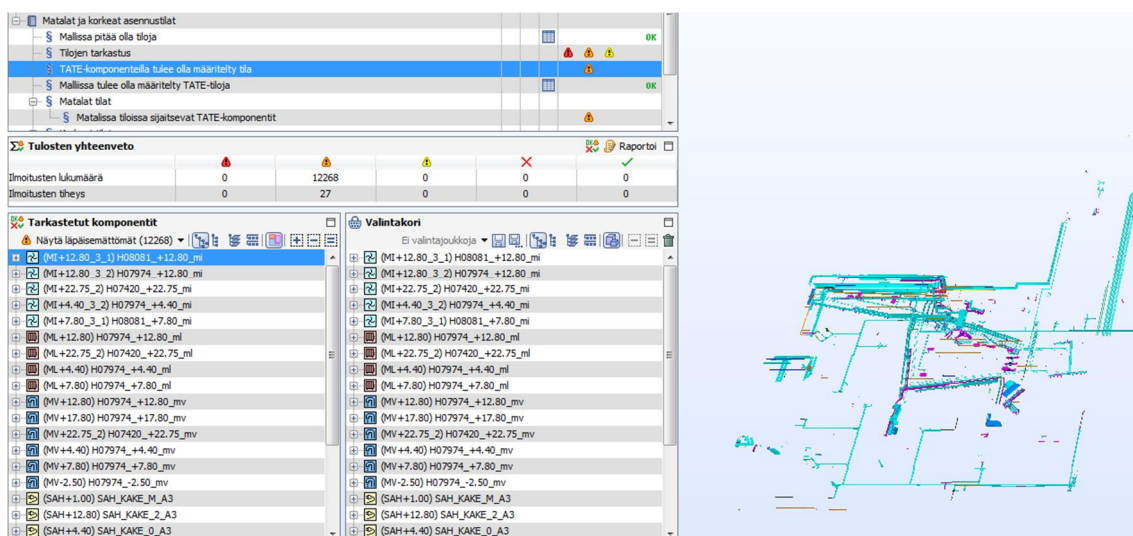
Tilat ja tilojen ryhmittely

Yksinkertaisimmin ja toisaalta myös tehokkaimmin sääntö saadaan rakennettua arkkitehdin tilaobjektien avulla. Arkkitehdin on siis luokiteltava tilat, vaikka tilojen luokittelun voi myös manuaalisesti tehdä muukin osapuoli. Käytännössä kuitenkin tilojen ryhmittelevän henkilön tulee tuntea rakennus ja sen tilat todella hyvin virheiden välttämiseksi. Koska sääntö perustuu tiloihin, niiden olemassaoloon ja geometriaan, luotu säännöstö tarkastaa ensin, että mallissa on tiloja, sekä niiden geometriaa ja kattavuutta säännöillä ”Mallissa pitää olla tiloja” #11 ja ”Tilojen tarkastus” #202. Tilat kannattaa myös visualisoida kerroksittain ITO:lla, jotta nähdään missä kaikkialla on varsinaisia tiloja, eikä esimerkiksi tiloina mallinnettuja bruttoaloja. SMC käsittelee bruttoalat normaaleina tiloina, mikäli varsinaisia tiloja ei ole mallinnettu. Kuvassa 49 on esitetty ITO-kuvauksella visualisoidut yhdistelmämallin tilaobjektit. Kuvassa keltaisella värillä näkyy bruttoalat ja muilla väreillä varsinaiset tilat tilatyypin mukaisesti. Keltaisen värin sisällä vilkkuu muita värejä, mikä viittaa siihen, että bruttoalan sisällä on varsinaisia tilaobjekteja.



Kuva 49. Esimerkki ITO-kuvauksesta, jonka avulla erään mallin tilat on visualisoitu SMC:n 3D-näkymään. Kuvassa on esitetty keltaisella bruttoalat ja muilla väreillä varsinaiset tilat tilatyyppin mukaan jaoteltuna.

Seuraavaksi säännöstö on tehty tarkastamaan, että kaikki halutut TATE-komponentit kuuluvat johonkin tilaan säännöllä "TATE-komponenteilla tulee olla määritelty tila" #231. Tarkastussäännön löytämät komponentit eivät myöskään listaudu korkeissa tai matalissa tiloissa, joten jos sääntö tuottaa tuloksia, tulokset täytyy käydä läpi jotta varmistutaan, ettei varsinaisen komponenttiryhmittelyn ulkopuolelle jää tekniikkaa ja siten haluttuja tuloksia havaitsematta. Tarkastetut säännön tulokset nähdään helpoiten, kun tarkastetuista komponenteista läpäisemättömät komponentit lisätään valintakoriin ja valintakorin sisältö visualisoidaan 3D-näkymään (kuva 50). Lähtökohtaisesti tulokset tarkoittavat sitä, että komponenttien alueelta puuttuu arkkitehdin määrittelemät tilaobjektit.



Kuva 50. Säännön tulosten visualisointi SMC:n 3D-näkymään.

Sääntö "Mallissa tulee olla määritelty TATE-tiloja" #11 tarkastaa seuraavaksi, että mallissa on tiloja, jotka on luokiteltu asennustiloiksi eli kuiluiksi, tekniseksi tilaksi, TATE-vaakareitiksi tai sähkötilaksi Luokittelun "Tilojen käyttötarkoitus" -mukaisesti. Samaa asennustilojen rajausta käytetään myös gate keeper -säännöissä, jotka rajaavat tarkastuksen tässä esimerkissä vain asennustiloihin. Mikäli mallissa ei ole lainkaan luokiteltuja asennustiloja, tarkastus loppuu tähän eikä gate keeper -sääntöä näy lainkaan SMC:n tarkastusnäkyvässä (kuva 51). Tässä opinnäytetyössä esimerkkinä käytetyssä yhdistelmämallissa tiloja ei ole luokiteltu täysin oikein arkkitehdin puolesta, joten säännön toimimiseksi luokittelussa on valittu manuaalisesti tietynlaisia tiloja asennustiloiksi, jotta sääntö tuottaa tuloksia.



Kuva 51. Esimerkki SMC:n gate keeper -säännöstä tarkastusnäkyvässä. Mikäli yhdistelmämallissa ei ole lainkaan luokiteltuja asennustiloja, ei gate keeper -sääntöhaaroja "Matalat tilat" ja "Korkeat tilat" tule lainkaan näkyviin tarkastusnäkyvässä.

Säännöt matalien ja korkeiden asennustilojen löytämiseksi

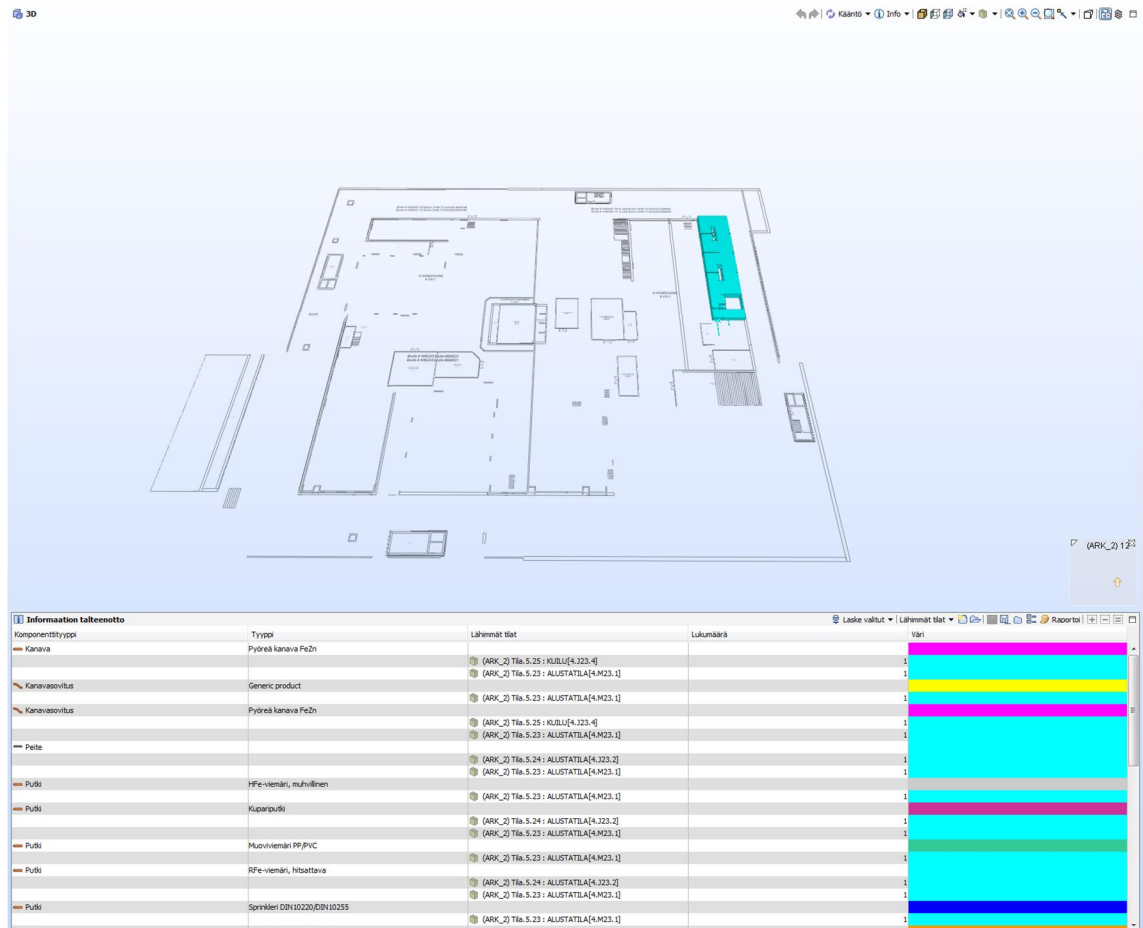
Kuvassa 51 näkyvän sääntöpuun sääntö ”Matalat tilat” rajaa hakutuloksen luokiteltuihin asennustiloihin ja jättää tarkastuksen ulkopuolelle tilaryhmät eli bruttoalat. Samaa luokittelua on käytetty myös korkeiden tilojen listaamiselle. Sääntöön voidaan valita mitkä luokittelun ryhmittelemät tilatyypit säännön halutaan tarkastavan. Tilojen korkeus on esimerkissä rajattu 1,8 metriin, joka on LVI-toimialan TES:n mukainen matalien asennustilojen korkeusraja ja tiloissa joissa työskentelytilan korkeus on tämän alle, asennustyön hintaan lisätään 25 % (luku 6.1, taulukko 1). Korkeutta voi kuitenkin vapaasti muokata vaihtamalla säännön parametria. Matalien tilojen gate keeper -säännön parametrit on esitetty liitteessä 3.

Korkeat tilat -sääntöhaarassa (kuva 51) on kolme sääntöä, jotka etsivät samaa asiaa eri tavoin. Sääntöjen parametrit on esitetty liitteessä 4.

1. Ensimmäinen sääntö ”Korkeissa tiloissa sijaitsevat TATE-komponentit” listaa nimensä mukaisesti kaikki määritellyn korkuisissa tiloissa olevat komponentit ja käyttää SMC:n sääntöpohjaa #231.
2. Toinen sääntö ”Korkeissa tiloissa korkealla sijaitsevat TATE-komponentit” listaa ne komponentit, jotka ovat määritellyn korkeuden yläpuolella lattiasta eli tässä esimerkissä ne komponentit, jotka ovat maasta 4 metrin korkeudella tilassa, joka on alle 8 metriä korkea. Sääntö käyttää SMC:n sääntöpohjaa #231.
3. Kolmas sääntö ”Korkeissa tiloissa kaukana laatasta sijaitsevat TATE-komponentit” listaa kaikki ne komponentit, jotka ovat alla olevasta laatasta vähintään 5 metrin korkeudella. Tässä esimerkissä on käytetty komponenttien etäisyys -sääntöä #222.

Sääntöjä testaamalla voidaan todeta, että ensimmäinen sääntö toimii samalla periaatteella kuin matalien tilojen etsimisessä käytetty sääntö, eikä siten täysin toimi etsimään suoraan tietyllä korkeudella olevia komponentteja. Sääntöä voidaan kuitenkin käyttää apuna, kun halutaan nopeasti visualisoida tietyn korkuisissa tiloissa oleva tekniikka. Toinen sääntö käyttää korkeuden mittaamiseen komponentin alimman pisteen ja sen kerroksen, johon komponentti kuuluu, korkeusaseman erotusta. SMC käyttää tässä etäisyyslaskennassa järjestelmämallin kerroksen korkeusasemaa, eli IFC-tiedostot täytyy olla ajettuna erillisiksi IFC-tiedostokseen. Kolmas sääntö käyttää etäisyyslaskennassa hyväkseen laatan yläpintaa, eikä mallilla, johon komponentti kuuluu, ole tässä esimerkissä merkitystä.

Tarkastuksen tuloksia voidaan visualisoida samoin kuin kuvassa 50 visualisoitiin komponentteja, jotka ovat tilojen ulkopuolella, tai tuloksia varten voidaan rakentaa ITO-kuvaus, joka näyttää komponentit tilassaan 3D-näkymässä. Kuvassa 52 on tarkastussäännön ”Matalat tilat” tulokset visualisoitu ITO-kuvauksen avulla.



Kuva 52. Säännön ”Matalat tilat” -tarkastuksen tulokset visualisoituna ITO-kuvauksen avulla.

Korkeiden tilojen tarkastussäännöistä ensimmäinen sääntö antoi tuloksena käytännössä tekniikkakuilujen asennukset, koska yleensä kuilut voivat olla määriteltynä yhtenäisiksi korkeiksi tiloiksi. Säännöstä olisikin mielekäästä muokata esimerkiksi sellainen versio, että se hakisi tekniikat suoraan kuiluiksi luokitelluista tiloista välttämättä tilan korkeudesta mitään.

Tässä esimerkissä korkealla sijaitsevia TATE-komponentteja ei ole TES:n mukaisilla asennuskorkeuksilla, joten korkeiden tilojen tarkastussäännöistä toinen ei tuottanut tuloksia TES:n mukaisilla korkeusmäärittelyillä, jossa tilan korkeudeksi rajattiin 8 metriä

ja komponentin alapinnaksi viisi metriä. Mikäli sääntöä muokataan siten, että tilan korkeutta ja tekniikan alapinnan korkeutta tiputetaan, saadaan tarkastukselle järkeviä tuloksia, mikä osoittaa säännön kuitenkin toimivan. Kolmannella sääntöesimerkillä saadaan tuloksia yhtä tehokkaasti kuin toisellakin sääntöesimerkillä, joskin sen voisi olettaa olevan sikäli parempi vaihtoehto, koska sääntö mittaa komponentin alapintaa laatan yläpintaan eikä siten ole esimerkiksi rakenneaukkojen kohdalla riippuvainen kerros määrittelyistä.

9 Yhteenveto

Tietomallintaminen Suomessa nähdään edelleen vahvasti geometriapainotteisena, eikä mallien potentiaalia suunnittelun auditoimiseen tai rakennuksen ylläpitovaiheeseen vielä hyvin tunneta. Tänä päivänä *suunnitelman toimivuuden* tarkastaminen tietomallista tarkoittaa, että suunnittelija tai työmaahenkilökunta navigoi tietomallissa etsien manuaalisesti suunnitteluteknisiä virheitä, kun sama työ olisi mahdollista tehdä ohjelmallisesti käyttäen edistyksellisiä suunnitteluohjelmistoja. Tämän opinnäytetyön ehdottomasti keskeisin tavoite oli selvittää Survey-tutkimuksen ja tapaustutkimusten avulla, mihin talotekniikan tietomalleja haluttaisiin käyttää ja onko mallien tietosisältö vastaa-jien mielestä riittävä. Tutkimus painottui työmaihin, mutta avainasemassa olivat myös suunnittelijat tietosisällön määrittävinä osapuolina.

Tapaustutkimusten ja asiantuntijahaastatteluiden avoimet teemahaastattelut olivat oikea valinta, sillä ne mahdollistivat rennon ja avoimen ilmapiirin aiheen vuorovaikutteiselle keskustelulle. Kyselytutkimus puolestaan tehtiin opinnäytetyön laadintaan nähden varsin varhaisessa vaiheessa, minkä vuoksi siihen valittiin kysymyksiä laajemmasta spektristä kuin mihin tämä opinnäytetyö loppujen lopuksi tuli keskittymään. Opinnäytetyön rajaamisen vuoksi ulkopuolelle jätettiin tarkempi perehtyminen 4D-avusteisen talotekniikan aikataulutuksen, sekä massalistojen varsinaiseen laadintaan Solibri Model Checker -ohjelmistolla, sillä molemmista aihepiireistä löytyy hyviä olemassa olevia opinnäytetöitä. Urakkahinnoittelun ja määrälaskennan tärkeyttä haluttiin kuitenkin tässä työssä korostaa ja SMC:n massalaskentaa tukevia ohjelmallisia toimintoja tuoda esille, koska niiden kehittämisellä on runsas potentiaali.

Kysely- ja tapaustutkimusten valossa pääteltiin, että talotekniikan tietomalleista haluttaisiin tarkempia, yhteneväisempiä ja luotettavia. Sanoina nämä kriteerit kuulostavat erittäinkin voimakkailta, mutta loppukädessä ymmärrän niiden tarkoittavan laadullisesti sen taseisia tietomalleja, että tietomalli on yhteneväinen muihin suunnitteluasiakirjoihin, ristiriitoja on vähemmän ja mallin sisältämä informaatio tarkoituksenmukaista ja auditoitua. Pelkällä komponenttitormäilyn eliminoimisella suunnittelua tehdään pahimmassa tapauksessa malli edellä, eikä keskitytä suunnitelman tekniseen toimivuuteen. Tietomallien ja rakennushankkeiden koosta riippuen vastauksista korostuikin halu suunnitelmien ohjelmalliselle auditoinnille ja tietomallin monipuolisemmalle hyödynnettävyydelle.

Tämän opinnäytetyön tuloksena kehitettiin kyselytutkimuksen ja tapaustutkimusten pohjalta yhdessä Solibri Inc:n tuella esimerkkejä, joiden tarkoituksena oli avata Solibri Model Checker -ohjelmiston käyttöpotentiaalia suomalaisessa suunnittelu- ja työmaaprosessissa, mutta myös kartoittaa ohjelmiston soveltuvuutta taloteknisiin tarkastuksiin. SMC:n keskeisimmillä toiminnoilla, jotka on esitelty luvussa 7.2, saatiin aikaiseksi erittäin kattava sovellettavissa oleva tapauskatsaus, jonka pohjalta kehitystyön edistämistä voi jatkaa ja syventää koskemaan esimerkiksi tarkemmin sähkötekniikkaa, johon tämä opinnäytetyö ei kovin syvällisesti perehtynyt.

Solibri Model Checker -ohjelmistolla pystyttiin luomaan monipuolisesti erilaisia kehitystyötapauksia, joita voi käyttää suunnittelussa, työmaatoiminnassa tai rakennuksen ylläpidon aikana. Luotuja tapauksia pystyy myös soveltamaan muihin käyttötarkoituksiin. Keskeisimpiä tuloksia ovat komponentin ympärillä olevan asennustilan tarkastaminen, talotekniikkaosien luokittelu materiaaleittain sekä pääsulkujen vaikutusalueiden visualisointi, sillä niillä kaikilla on käyttötarkoituksensa suunnittelussa ja rakennusvaiheessa ja ne ovat sovellettavissa laajasti eri käyttötarkoituksiin. Suunnittelijana myös tapaus 1 ”IV-komponenteilla tulee olla yksilöivä tunnus” on erittäin mielenkiintoinen, koska tapausta pystyy muokkaamaan ja laajentamaan eri suunnittelualoihin ja komponenteille, vähentäen samalla manuaalisen työn määrää. Tapauksen 9 ”TES:n lisätyöprosenttien mukaisten tilojen asennukset” tuloksia edelleen jalostamalla, olisi lisäksi mahdollista luoda kokonainen säännöstö tarkastamaan talotekniikkatoimialan LVI-alan TES:n mukaisten lisätyöprosenttien olemassaoloa tietomalleista. Erilaisten sääntöjen ja säännösten keksimisessä on kuitenkin lähtökohtaisesti vain taivas rajana ja loppukädessä niiden keksiminen on kiinni innovatiivisista suunnittelijoista tai työmaahenkilöistä, jotka haluavat helpottaa ja kehittää omia työskentelymenetelmiään.

Lähteet

- 1 COBIM-hanke. 27.3.2012. YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4. Helsinki: buildingSMART Finland.
- 2 Yleiset tietomallivaatimukset YTV2012. 2017. Verkkodokumentti. buildingSMART Finland. <<http://buildingsmart.fi/yleiset-tietomallivaatimukset-ytv/>>. Luettu 4.2.2017.
- 3 LVIS-sovellukset. 2017. Verkkodokumentti. MagiCAD. <<https://www.magicad.com/fi/lvis-sovellukset/>>. Luettu 4.2.2017.
- 4 Hirsijärvi, Sirkka; Remes, Pirkko & Sajavaara, Paula. 2014. Tutki ja kirjoita. Helsinki: Tammi.
- 5 History. 2017. Verkkodokumentti. BuildingSMART. <<http://buildingsmart.org/about/about-buildingsmart/history/>>. Luettu 17.4.2017.
- 6 Suomen ensimmäiset kansalliset tietomallivaatimukset julkistettiin tänään. 2012. Verkkodokumentti. Rakennustieto. <<http://www.rakennustieto.fi/lehdet/ry/index/uutiset/66TTFi8iB.html>>. Luettu 17.4.2017.
- 7 Tuomainen, Juha. 2015. Markkinointikuva. Helsinki: Granlund Oy.
- 8 Welcome. 2017. Verkkodokumentti. Building Information Modelling (BIM) Task Group. <<http://www.bimtaskgroup.org/>>. Luettu 7.7.2017.
- 9 HM Government. Morrell, Paul; Marmot, Alexi; Murray, Simon. 2015. Digital Built Britain, Level 3 Building Information Modelling – Strategic Plan. Luettu 7.7.2017.
- 10 Home. 2017. Verkkodokumentti. EU BIM Task Group. <<http://www.eubim.eu/#toggle-id-3>>. Luettu 7.7.2017.
- 11 Adam Matthews. 2017. Verkkodokumentti. BIM European Summit. <<http://europeanbimsummit.com/speakers/adam-matthews-3/>>. Luettu 7.7.2017.
- 12 KIRA-digi – Rakennetun ympäristön ja rakentamisen digitalisaatio. 14.12.2016. Verkkodokumentti. Ympäristöministeriö. <<http://www.ym.fi/kiradigi>>. Luettu 10.7.2017.
- 13 Tero Järvinen: Vakiointiprojekti parantaa merkittävästi talotekniikkamallien hyödynnettävyyttä. 25.6.2017. Verkkodokumentti. buildingSMART Finland. <<https://buildingsmart.fi/tero-jarvinen-vakiointiprojekti-parantaa-merkittavasti-talotekniikkamallien-hyodynnettavyytta/>>. Luettu 10.7.2017.
- 14 Osallistu tietomallikyselyyn. 13.12.2016. Verkkodokumentti. Talotekniikka-lehti. <<http://talotekniikka-lehti.fi/osallistu-tietomallikyselyyn/>>. Luettu 7.2.2017.

- 15 Sanna Jompero. 22.6.2016. Itiksen kylkeen avataan ensi vuonna toinen kauppakeskus. Verkkodokumentti. <<http://www.helsinginuutiset.fi/artikkeli/406658-itiksen-kylkeen-avataan-ensi-vuonna-toinen-kauppakeskus>>. Luettu 18.4.2017.
- 16 Referenssit: Kauppakeskus I3. 2017. Verkkodokumentti. Granlund. <<http://www.granlund.fi/referenssit/projektit/kauppakeskus-i3/>>. Luettu 18.4.2017.
- 17 Helsinki-Vantaan lentoasema laajenee ja kasvaa. 2017. Verkkodokumentti. Finavia. <<https://www.finavia.fi/fi/lentoasemat-kehittyvat/helsinki-vantaa/>>. Luettu 18.4.2017.
- 18 Lankinen, Risto. 2017. LVI-Projektipäällikkö, Lämpökarelia Oy, Helsinki. Haastattelu 14.2.2017.
- 19 Linna, Sari. 2017. Johtava asiantuntija, Granlund Consulting Oy, Helsinki. Haastattelu 24.5.2017.
- 20 Urrila, Anne. 2017. Tuotepäällikkö, Solibri Inc., Helsinki. Haastattelu 1.6.2017.
- 21 Luoma, Lauri. 2017. Tekninen tuki ja koulutus, Solibri Inc., Helsinki. Haastattelu 1.6.2017.
- 22 Olin, Jan-Erik. 2017. Järjestelmäasiantuntija, Granlund Oy, Helsinki. Haastattelu 27.6.2017.
- 23 Kyselytutkimusaineisto. 15.12.2016-28.2.2017.
- 24 buildingSMART Finland, Talotekniikkatoimialaryhmä. 27.11.2015. Talotekniikan tietomallikysely 2015, Materiaalitiedon toimittaminen urakkalaskentaan. <https://asiakas.kotisivukone.com/files/buildingsmart.kotisivukone.com/uutiset/bSF_TATE/bSF_tate_Tero_Jarvinen_27.11.2015.pdf> . Luettu 6.7.2017.
- 25 Rannisto, Jukka. 2017. BIM-tuotannonohjausinsinööri, Byggnadsekonomi Oy, Helsinki. Keskustelu 22.2.2017.
- 26 Sainio, Seppo. 2017. Talotekniikkakoordinaattori, Lemminkäinen Oyj, Helsinki. Keskustelu 15.3.2017.
- 27 Talotekniikka-alan työehtosopimus. 1.3.2017. Helsinki: LVI-tekniiset Urakoitsijat LVI-TU ry, Rakennusliitto Ry.
- 28 Tero Järvinen. 6.2.2015. Massalistat urakkalaskentaan. Verkkodokumentti. <<http://tietomalli.blogspot.fi/2015/02/materiaalilistat-urakkalaskentaan.html#!/2015/02/materiaalilistat-urakkalaskentaan.html>>. Luettu 12.7.2017.
- 29 BuildingSMART Finlandin Talotekniikkatoimialaryhmä. 2015. YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 4, täydentävä liite: Talotekninen suunnittelu, määrälaskennan prosessiohje. Helsinki: buildingSMART Finland.
- 30 COBIM-hanke. Matti Tauriainen. 27.3.2012. YTV Yleiset tietomallivaatimukset 2012, osa 7. Helsinki: buildingSMART Finland.

- 31 Kitunen, Markus. 2017. Tietomallipohjainen LVI-kustannuslaskenta. Insinöörityö. Metropolia Ammattikorkeakoulu.
- 32 CADS Hepac. 2017. Verkkodokumentti. CADS.
<<http://www.cads.fi/ohjelmistot/cads-hepac>>. Luettu 14.7.2017.
- 33 Progman Oy. 2017. Verkkodokumentti. MagiCAD.
<<https://www.magicad.com/fi/progman-oy/>>. Luettu 14.7.2017.
- 34 MagiCAD Ventilation and Piping 2016.11 UR-1 User guide. 2017. Progman Oy.
- 35 Vesalainen, Eveliina. 2017. Tietomallipohjaiset nimikkeistöt taloteknisen mallin vakioinnissa. Aalto-yliopisto.
- 36 Solibri acquired by Nemetschek: Allowing exponential growth in quality assurance and quality control. 2017. Verkkodokumentti. Solibri.
<<https://www.solibri.com/solibri-acquired-by-nemetschek-allowing-exponential-growth-in-quality-assurance-and-quality-control/>>. Luettu 17.7.2017.
- 37 About Solibri. 2017. Verkkodokumentti. Solibri.
<<https://www.solibri.com/contact/solibri/>>. Luettu 17.7.2017.
- 38 Press Materials. 2017. Verkkodokumentti. Solibri.
<<https://www.solibri.com/press/>>. Luettu. 17.7.2017.
- 39 Solibri Model Checker käyttö ohje v.9.7. 2015. Helsinki: Solibri Inc.
- 40 Solibri Model Checker koulutusmateriaali. 2016. Helsinki: Solibri Inc.
- 41 Piittala, Tommi. 2017. Support Engineer, Progman Oy. Sähköpostikeskustelu 31.7.2017.

buildingSMART Finlandin Talotekniikka-blogin julkaisu

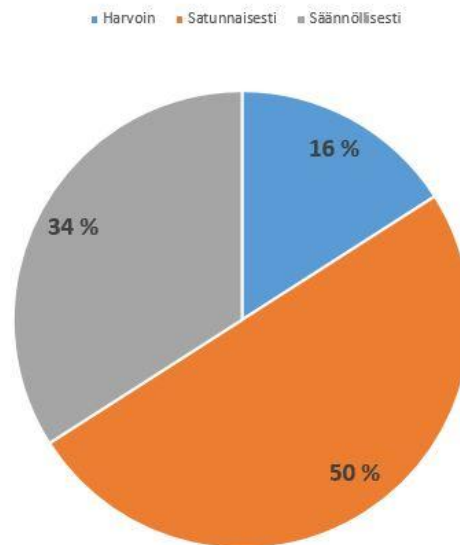
Kyselytutkimustulokset ”TATE -tietomallien suunnittelumenetelmien kehittäminen ja mallien käyttö työmaalla”.

Kyselytutkimukseni sulkeutui virallisesti 31.1.2017 vastaajamäärän ollessa 42 vastausta. Vastauksista eroteltuna tästä porukasta 11 vastaajaa on yksiselitteisesti työmaaorganisaatioista ja 31 vastaajaa edusti erilaisia suunnittelu -tai ylläpitotehtäviä. Mielenkiintoista kyselyn tuloksista oli havaita, että niin suunnittelijoidenkin kuin työmaaväen näkemykset eivät poikenneet merkittävästi toisistaan. Tässä kirjoituksessa on lyhyt katsaus kyselyn tuloksiin. Tarkempi analysointi jää luettavaksi opinnäytteestä, joka valmistunee kesän aikana. Kiitos vielä kaikille vastaajille.

Kyselytutkimuksen vastausten perusteella Talotekniikan tietomalleja käytetään niin suunnittelijoiden kuin työmaaväen osalta suunnittelun ja havainnollistamisen apuna, toimäysjärjestelmien tuottamiseen, sekä kustannuslaskentaan. Näiden lisäksi suunnittelijat käyttävät malleja Energiasimulointien tuottamiseen, yhteensovittamiseen, markkinointiaineistojen tuottamiseen, auditointiin sekä tekniseen verkostolaskentaan. Työmaalla malleja käytetään puolestaan asennustöiden suunnitteluun ja etenemisen seurantaan, töiden ennakointiin, laadunvarmistukseen, suunnittelunohjaukseen ja valvontaan.

Kun kysyin vastaajilta mitä malleista heidän mielestään mahdollisesti tällä hetkellä uupuu, moni vastaaja korosti suojaetäisyyksien, tilavarausten, haalaus- ja huoltoreittien ja kannakkeiden puutteellista huomioimista tai malleista puuttumista. Vastauksista korostui myös eristysten puutteellinen mallinnus, joka ymmärrettävästi aiheuttaa ongelmia mm. kustannus- ja massalaskennassa. Laskentaan kuin tuotteiden (jopa väärien) käyttöön liittyen toivottiin LVI-numeroita liitettäväksi talotekniikkakomponentteihin. Vaatimusmallin käyttöä toivottiin, uskoakseni monestakin syystä koska tämän mukana siirtyy tilatiedon lisäksi mm. talotekniset mitoitusperusteet. Edellä mainittuihin löytyi komppaajia niin suunnittelijoiden kuin työmaan puolelta. Suunnittelijoiden joukosta nousi esiin em. lisäksi kappaleiden massatietojen puuttuminen. Tässä vaiheessa myönnän, että kaiken kiteyttävä vastaus oli kuitenkin ”asentajan käsi”.

Kuinka usein työmaalla asennetaan suunnitelmista poiketen, koska tietomallissa on ristiriita?



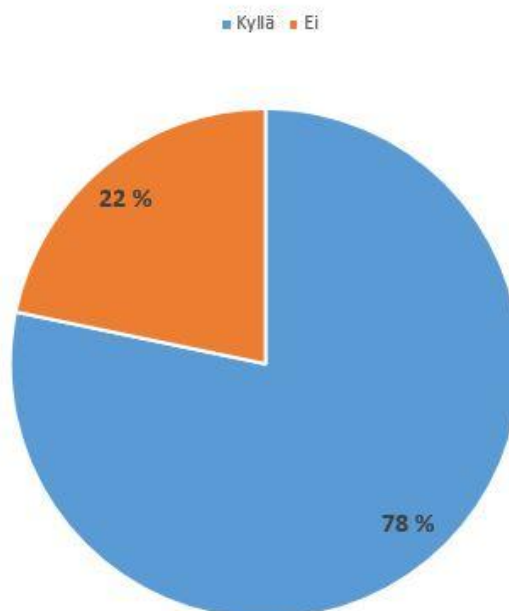
Kyselyni yksi keskeisimmistä kysymyksistä oli kartoittaa vastaajien näkemyksiä siitä, pitäisikö malleista tarkastaa muutakin kuin pelkkää komponenttitörmäilyä? Mallien muu varsinainen tarkastaminen on tällä hetkellä lapsen kengissä ja käytännössä manuaalista työtä joka tehdään surffaamalla mallissa. Eikö olisi hienoa, kun voisit nappia painamalla saada ilmoituksen esimerkiksi kaikista komponenteista jotka osuvat komponentille määrätyn huoltotilan alueelle? Tai vaikkapa tarkastaa, että palohyllyjen yläpuolella k.o kerroksessa ei ole muuta tekniikkaa? Tai tarkastella, että vaatimusmalli vastaisi suunniteltua – ilman manuaalista työtä? Samaa periaatetta voi toteuttaa myös siihen, että tarkastetaan esim. että tietynlaisilla komponenteilla on määrätty tietosisältö – tätä voisikin sitten soveltaa aika laajalla spektrillä.

Ilokseni pystyin toteamaan, että lähes kaikki vastaajat toivat oman näkemyksensä esiin korostaen nimenomaan asennettavuuden ja huolto –ja haalausreittien, suojaetäisyyksien ja mitoitusarvojen tarkastamista.

Seuraavaa diagrammia tutkiessa täytyy korostaa, että ”Ei” vastaajat olivat kaikki suunnittelijapuolen edustajia, jotka korostivat pääasiassa kustannuspuolta. Urakoitsijoiden edustajista kaikki vastaajat olivat sitä mieltä, että yhteisesti sovitun aikataulun puitteissa suunnittelijan läsnäolosta olisi suuri hyöty ja se parantaisi mm. aliurakoitsijoiden kynnystä lähestyä suunnittelijaa pienemmissäkin asioissa. Hyvänä puolena pidettiin myös sitä, että asioiden selvittäminen nopeutuu ja että suunnittelija

voisi samalla ylläpitää ns. "as built" mallia, jolloin suunnitelmat vastaisivat lähes reaaliaikaisesti asennettua.

Näkisitkö, että suunnittelijan säännöllisestä läsnäolosta työmaalla olisi hyötyä rakennushankkeen etenemisen (asennustöiden) kannalta?



Tapaustutkimushaastatteluihin toimitettu materiaali

TATE–tietomallien suunnittelumenetelmien kehittäminen ja mallien käyttö työmaalla.

1. Mihin käyttötarkoituksiin tiedät käytettävän Talotekniikan tietomalleja organisaatiossanne?
2. Miten käytät Talotekniikan tietomalleja työssäsi?
3. Oletko havainnut että Talotekniikan tietomalleissa olisi hyvä olla jokin sieltä tällä hetkellä puuttuva informaatio tai tietosisältö (esim. komponenttien suojaetäisyydet, kannakkeet tjs)?
4. Näkisitkö, että aikataulusisältöisestä TATE–tietomallista olisi työssäsi hyötyä? Esimerkiksi, jos aikatauluinformaatiota pystyttäisiin siirtämään tietomallin avulla esim. osoittamalla jo asennetun tekniikan komponentit eri värillä.
5. Mitä tietomalleista voisi tai pitäisi mielestäsi tarkastaa törmäystarkastelun lisäksi?
6. Näkisitkö, että suunnittelijan säännöllisestä läsnäolosta työmaalla olisi hyötyä rakennushankkeen etenemisen kannalta?
7. Kuinka usein työmaalla asennetaan suunnitelmista poiketen, koska tietomallissa on ristiriita?
8. Toimitatteko / käytättekö TATE–massalistoja tai työtetäänkö niitä työmaalla malleista itse?
9. Pitäisikö perinteisessä massalistassa olla jotakin lisää?
10. Ajatuksia?

Alla on esitetty keskeisimmät tutkimuskysymykset, sekä kyselytutkimuksen vastaukset. Taulukon lukuarvot vastaavat saman vastauksen antaneiden vastaajien määrää. Vastaajia otannassa yhteensä 42 vastaajaa.

Mihin käyttötarkoituksiin tiedät käytettävän Talotekniikan tietomalleja organisaatiossanne?		Miten käytät Talotekniikan tietomalleja työssäsi?		Oletko havainnut, että Talotekniikan tietomalleissa olisi hyvä olla jokin sieltä yleisesti puuttuva informaatio tai tietosisältö?	
Tietomallipohjainen suunnittelu	2			Kannakointi	12
Yhteensovitus	10	10		Eristykset	2
Suunnittelun apuna, suunnitteluratkaisuja etsiessä	12	6		Mitoitustiedot	2
Työmaan asennuksia valvoessa	1			Tuotenimikkeet	2
Törmäystarkasteluun	23	17		Tilatie (vaatimusmalli)	2
Asennuksia varten	3			Aikataulun linkitys	1
Tilavaraussuunnittelussa/ tarkastelussa	6	5		Viemärikaatojen puutteellisuus mallissa, väliillä kaadolla ja väliillä ei	1
Informaation jako	2			Kerros -ja lohkotieto	2
Visualisointiin	9	3		Sijainti ja järjestelmätieto	3
Suunnittelussa laaja-alaisesti	1			Suojaetäisyydet	10
Kustannuslaskentaan, kustannustiedon hallintaan	5	1		LVI-/sähkönumero	2
Havainnollistaminen	7	11		Kappaleiden massa (paino)	1
Laadunvarmistukseen	4	3		Tuotteen väritieto	1
Uarkoitsijan käyttöön	2	1		Laitetunnukset (kuten valmistajilla)	2
Energia- ja olosuhdesimuloinnit	2	1		Mallien auditointi	1
Määrälaskenta	9	3		Valaisimien puutteellinen mallinnus	1
Tekninen verkostolaskenta	1	1		Sähkön keskukset	1
Yhdistelmämalli	2	2		Reikävaraukset näkyvissä	1
Suunnittelun ohjaus	3	2		Alakatot puuttuvat usein	1
Tuotannon ohjaus	1			Rakennusautomaatio	2
Markkinointiaineisto	2	1		Komponenttien tekniset ominaisuudet	1
Reikävaraussuunnittelu, reikävarausten tarkastus	2	4		Valmistajilta pitäisi saada useammin magiCAD yhteensopivat laitteet malliin (= oikea tuote)	2
Ylläpito	1	1		Ilmavirrat, henkilömäärät, mitoituslämpö	1
Hankinta	1			Huoltotöiden varaukset	3
Toteutuksen valvonta	1	2		Asentajan käsi	1
Työjärjestykseen	1	1		Asennustekniset asiat	3
Suunnitelmien toteuttamiskelpoisuuden toteamiseen	1	2		Merkintä, jos jokin tieto ei ole varma, vaan sinne päin	1
Järjestelmävaihtoehtojen tarkaste	1			Isäntälaitteet	1
Töiden ennakointiin	1	1			
Aikataulutus	1				
Asennustöiden etenemisen seura	1				
Positiointien tarkastaminen		1			
Tiedonhaku, myös mitta ja korkotiedot yms.		4			

Mitä tietomalleista voisi tai pitäisi mielestäsi tarkastaa pelkän törmäystarkastelun lisäksi?	
Tilanvaraukset	5
Reititykset	1
Asennusjärjestykset	2
Vuotovaaralliset paikat	1
Jatkuuko asennukset kerrosten välillä	1
Mitoitus vs. vaatimus	2
Mittoja	1
Määriä	3
Työnsuunnittelu helpommaksi	1
Massat	2
Attribuuttikenttien tietosisältö; onko olemassa ja oikeanlaisessa muodossa	6
Detaljit	1
Haalausreitit	3
Asennettavuus	5
Tietosisältö / tekniset tiedot	6
Määrät järjestelmittäin	1
Kaikki mahdollinen	1
Alakaton kiinnitykset	2
Huoltotilat	3
Käytetyt järjestelmä-osat	1
Laitteiden mallit	2
Kalusteiden ja laitteiden tyypit ja koodit	3
Laitteiden tehot	1
Tiloja palvelevien laitteiden kokonaisuus	1
Laitteille tulee tarvittavat hyödykeliitännät	1
Kantavien rakenteiden reikätiiedot (sijainnit ja koot)	1
Verkostomitoitus / esim. värikoodeilla aseteltavan painehäviön ylittävät komponentit	4
Tietosisältö (status)	1
Asennettavien kalusteiden määrät	1
TATE-valmiudet tiloittain (onko tilassa kaikki mitä pitää)	1
Komponenttien laskeminen taulukkopohjaisesti mallista	1
Laitteiden käytettävyyys	1
Säätöarvot päätelaitteille	1
TES:n mukaiset töiden lisäprosentit	3
Asennusten normaalitunnit	3
LVI-koodi	1

Kehitystyötapauksen 9 Matalien tilojen gate keeper -säännön parametrit

Sääntöjen hierarkia on esitetty sivulla 87, kuvassa 51

Säännön ”Matalat tilat” -parametrit.

Parametrit

Peruuta muutokset Ilmoitusten vakavuusparametrit

Tarkastettavat komponentit

Tarkastettavat komponentit

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Mikä tahansa	Suunnitteluala	Jokin	[Erikoisputkistot, Ilmanvaihto, Ilmastointi, Jäs...

Tavoitearvo

Tavoitearvon tyyppi: Numeerinen Numero: 0

Kerroin: 1

Vertailtavat komponentit

Vertailtavat komponentit: Liittyvät komponentit

Relaatio

Tyyppi: Lähimmät tilat Seuraa relaatioketjua

Suunta: Eteenpäin Taaksepäin

Vertailtavien komponenttien suodatus

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Tila	Tilaryhmätyyppi	On määrittelemätön	
Sisällytä	Tila	Tilojen käyttötarkoitus	Jokin	[Kulu, Sähkötila, TATE-vaakareitti, Tekninen tila]

Sovelletaan: Lukumäärä

Operaattori: >

Tulosten ryhmittely

Tulosten ryhmittely

Ominaisuus

Säännön ”Matalissa tiloissa sijaitsevat TATE-komponentit” parametrit.

Parametrit

Peruuta muutokset Ilmoitusten vakavuusparametrit

Tarkastettavat komponentit

Tarkastettavat komponentit

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Mikä tahansa	Suunnitteluala	Jokin	[Erikoisputkistot, Ilmanvaihto, Ilmastointi, Jää...

Tavoitearvo

Tavoitearvon tyyppi: Numeerinen Numero: 0

Kerroin: 1

Vertailtavat komponentit

Vertailtavat komponentit: Liittyvät komponentit

Relaatio

Tyyppi: Lahimmät tilat Seuraa relaatioketjua ☐

Suunta: ☒ Eteenpäin ☐ Taaksepäin

Vertailtavien komponenttien suodatus

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Tila	Korkeus	≥	1,80 m
Sisällytä	Tila	Tilaryhmätyyppi	On määrittelemätön	

Sovelletaan: Lukumäärä

Operaattori: >

Tulosten ryhmittely

Tulosten ryhmittely

Ominaisuus

Kehitystyötapauksen 9 Korkeiden tilojen gate keeper -säännön parametrit

Sääntöjen hierarkia on esitetty sivulla 87, kuvassa 51.

Säännön ”Korkeat tilat” parametrit.

Parametrit

Peruuta muutokset Ilmoitusten vakavuusparametrit

Tarkastettavat komponentit

Tarkastettavat komponentit

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Mika tahansa	Suunnitteluala	Jokin	[Enkospuistikot, Ilmanvaihto, Ilmastointi, Jää...]

Tavoitearvo

Tavoitearvon tyyppi: Numeerinen Numero: 0

Kerroin: 1

Vertailtavat komponentit

Vertailtavat komponentit: Liittyvät komponentit

Relaatio

Tyyppi: Lahimmät tilat Seuraa relaatioketjua ☐

Suunta: ☒ Eteenpäin ☐ Taaksepäin

Vertailtavien komponenttien suodatus

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Tila	Tilaryhmätyyppi	On määrittelämätön	
Sisällytä	Tila	Tilojen käyttötarkoitus	Jokin	[Koulu, Sähkötila, TATE-vaakareitti, Tekninen tila]

Sovelletaan: Lukumäärä

Operaattori: >

Tulosten ryhmittely

Tulosten ryhmittely

Ominaisuus

Säännön ”Korkeissa tiloissa sijaitsevat TATE-komponentit” parametrit.

Parametrit

Peruuta muutokset Ilmoitusten vakavuusparametrit

Tarkastettavat komponentit

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Mika tahansa	Suunnitteluala	Jokin	[Erkoisputkistot, Ilmanvaihto, Ilmastointi, Jää...

Tavoitearvo

Tavoitearvon tyyppi: Numero:

Kerroin:

Vertailtavat komponentit

Vertailtavat komponentit:

Relaatio

Tyyppi: Seuraa relaatioketjua ☐

Suunta: ☐ Eteenpäin ☐ Taaksepäin

Vertailtavien komponenttien suodatus

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Tila	Korkeus	≤	4,00 m
Sisällytä	Tila	Tilaryhmätyyppi	On määrittelmätön	

Sovelletaan:

Operaattori:

Tulosten ryhmittely

Tulosten ryhmittely

Ominaisuus

Säännön "Korkeissa tiloissa korkealla sijaitsevat TATE-komponentit" parametrit.

Parametrit

Peruuta muutokset Ilmoitusten vakavuusparametrit

Tarkastettavat komponentit

Tarkastettavat komponentit

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Mikä tahansa	Suunnitteluala	Jokin	[Erikoisputkistot, Ilmanvaihto, Ilmastointi, Jää...
Älä sisällytä	Mikä tahansa	Alin korkeusasema	≤	4,00 m

Tavoitearvo

Tavoitearvon tyyppi: Numero:

Kerroin:

Vertailtavat komponentit

Vertailtavat komponentit:

Relaatio

Tyyppi: Seuraa relaatioketjua ☐

Suunta: ☒ Eteenpäin ☐ Taaksepäin

Vertailtavien komponenttien suodatus

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisällytä	Tila	Korkeus	≤	4,00 m
Sisällytä	Tila	Tilaryhmätyyppi	On määrittelämätön	

Sovelletaan:

Operaattori:

Tulosten ryhmittely

Tulosten ryhmittely

Ominaisuus

Säännön ”Korkeissa tiloissa kaukana laatasta sijaitsevat TATE-komponentit” parametrit.

Parametrit

Etäisyyslaskenta

Etäisyyden laskentamenetelmä

Laajennetun pohjaprojektion alapuolella

Komponenttien pinnat

Pohjaprojektion laajennus

Alapinnasta yläpintaan

250 mm

☒ Suurin sallittu etäisyys

4,00 m

☐ Pienin sallittu etäisyys

1,00 m

Lähtökomponentti

Tarkastettavat lähtökomponentit

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisäilytä	Mikä tahansa	Suunnitteluala	Jokin	[Erkoisputkistot, Ilman...

Tila tai tilaryhmä hallinta

Tila tai tilaryhmä hallinta

Jätä huomiomatta tila tai tilaryhmä

Tilaryhmätyyppi

Kohdekomponentti

Kohdekomponentit

Tila	Komponentti	Ominaisuus	Operaattori	Arvo
Sisäilytä	Laatta			

Komponentteja vähintään

1